

Titre: Corridors de demande : modélisation et contributions à l'évaluation
Title: du niveau de durabilité

Auteur: Kinan Bahbouh
Author:

Date: 2016

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Bahbouh, K. (2016). Corridors de demande : modélisation et contributions à
Citation: l'évaluation du niveau de durabilité [Thèse de doctorat, École Polytechnique de
Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/2433/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/2433/>
PolyPublie URL:

**Directeurs de
recherche:** Catherine Morency, & Chantal Berdier
Advisors:

Programme: Génie civil
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CORRIDORS DE DEMANDE : MODÉLISATION ET CONTRIBUTIONS À
L'ÉVALUATION DU NIVEAU DE DURABILITÉ

KINAN BAHBOUH

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE PHILOSOPHIAE DOCTOR

(GÉNIE CIVIL)

DÉCEMBRE 2016

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Cette thèse intitulée :

CORRIDORS DE DEMANDE : MODÉLISATION ET CONTRIBUTIONS À
L'ÉVALUATION DU NIVEAU DE DURABILITÉ

présentée par : BAHBOUH Kinan

en vue de l'obtention du diplôme de : Philosophiae Doctor

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph. D., président

Mme MORENCY Catherine, Ph. D., membre et directrice de recherche

Mme BERDIER Chantal, Ph. D., membre et codirectrice de recherche

M. PATTERSON Zachary, Ph. D., membre

M. AKNINE Samir, Ph. D., membre

M. MIGNOT Dominique, Doctorat, membre

DÉDICACE

*À mes parents qui m'ont offert beaucoup d'amour et qui
ont semé en moi la détermination et la persévérance.*

« Un jour au début des années 70, un homme talentueux a quitté Damas pour aller poursuivre son rêve qui était de faire un doctorat en mathématique à Moscou. La nouvelle vie, la nouvelle langue et les nouveaux obstacles ne l'ont pas empêché d'avancer. À la fin de son doctorat, son directeur de thèse lui a dit : tu es arrivé ici avec l'intelligence, mais ça ne suffit pas pour avancer. Heureusement, tu avais aussi la détermination et la persévérance en plus de l'amour pour ce que tu fais. Ce sont ensemble les éléments qui ont contribué et qui vont contribuer à ta réussite »

*Une histoire entendue plusieurs fois
de mes parents*

REMERCIEMENTS

Mes plus sincères remerciements vont à mes deux directrices de recherche, Mme Catherine Morency (département des génies civil, géologique et des mines de Polytechnique Montréal) et Mme Chantal Berdier (département Génie Civil et Urbanisme à l'INSA) pour leur soutien et leur disponibilité pendant le doctorat.

Un immense merci à toute ma famille qui n'a pas cessé de me soutenir pendant tout mon parcours. De près ou de très loin, ma famille est toujours présente pour m'encourager et m'offrir un environnement idéal à l'avancement.

Sans les bons moments vécus avec mes amis, mes aventures auraient été moins intéressantes, alors merci à tous mes amis d'avoir été dans ma vie.

Je salue aussi tous les professeurs, étudiants et membres du personnel de la Chaire Mobilité et du laboratoire EVS. Merci Hubert, Louiselle, Pegah, Farhana, Mohamed, Pierre-Leo, Hamzeh, Jean-Simon, Alexis, Élise, Noura, Phong pour la bonne ambiance au bureau.

Enfin, je tiens à remercier les partenaires de la Chaire Mobilité pour le soutien accordé à la réalisation du projet. Les informations fournies et les questions posées ont contribué à l'enrichissement du projet.

RÉSUMÉ

Le corridor de transport apparaît dans la littérature comme un concept permettant de traiter à la fois des enjeux traditionnels liés à la mobilité que des impacts et interactions liés au développement durable tels que l'occupation du sol, l'environnement, la santé humaine et le développement économique.

L'utilisation du concept dans le domaine du transport n'est pas nouvelle. En effet, il existe une importante littérature qui étudie le corridor en tant que produit économique et politique issu du développement urbain notamment associé à la présence de services et d'infrastructures de transport (offre de transport). Cependant, l'utilisation de ce concept plurivoque dans la planification et l'évaluation de l'offre au niveau urbain demeure encore limitée, compte tenu de l'absence d'une définition claire et d'une approche de modélisation adaptée à la nature des déplacements, très dispersés, dans l'aire urbaine.

Cette thèse contribue à la modélisation des corridors de déplacement en milieu urbain et au diagnostic de l'offre associée. Dans cette optique, la thèse offre une réflexion approfondie sur la définition et les caractéristiques d'un corridor de transport et propose un cadre de modélisation dont l'identification repose sur la demande. Les corridors de demande qui en émergent sont par la suite utilisés en tant qu'unités de référence à l'échelle collective, ce qui permet d'évaluer l'éloignement entre la demande et l'offre d'un corridor.

Pour atteindre son objectif, la thèse s'articule autour de la conceptualisation et de la modélisation de la demande ainsi qu'au diagnostic de l'offre. Ces rubriques sont présentées essentiellement dans six chapitres dont quatre sous la forme d'articles publiés ou soumis pour publication dans des revues scientifiques.

Le premier chapitre vise à clarifier la notion de corridor de transport, celui-ci pouvant être perçu comme l'enveloppe qui encapsule une forte concentration de trajectoires similaires. Cette conceptualisation permet de distinguer deux types de corridors selon les principaux éléments d'identification. Le premier type concerne les corridors d'offre, lesquels sont repérés grâce à la présence de services et d'infrastructures de transport. Le deuxième type concerne les corridors de demande, lesquels sont identifiés à partir d'éléments caractérisant la demande tels que les lignes directes entre les points d'origine et de destination (lignes de désir). Cette problématique est traitée, clarifiée et discutée dans l'article intitulé « **Encapsulating and visualizing disaggregated origin-**

destination desire lines to identify demand corridors », publié dans la revue « Transportation Research Record » en 2014. De plus, l'article met à l'épreuve les méthodes d'identification des corridors de demande et examine leur potentiel dans la visualisation des données origine-destination (OD) désagrégées.

Le précédent article constate une lacune concernant les cadres de modélisation des corridors de demande dans le domaine du transport. Cette lacune est analysée et une solution adaptée aux données désagrégées est proposée dans le chapitre suivant intitulé « **Travel Demand Corridors : Modelling Approach and Relevance in the Planning Process** », publié dans la revue « Journal of Transport Geography » en 2017. Cet article expose le Trajectory Clustering for Desire Line (TraClus-DL), un algorithme conçu pour identifier les corridors de demande. Le fonctionnement de l'algorithme est évalué et mis à l'épreuve en utilisant un ensemble de données réelles. Les résultats de l'algorithme sont de petits corridors qui tracent les axes dominants de déplacement. Ces résultats peuvent aider à diagnostiquer le réseau en illustrant des pistes potentielles d'amélioration et en évaluant la tortuosité collective du réseau. Les avantages principaux de TraClus-DL sont la possibilité d'identifier les corridors de demande à partir des données OD désagrégées (lignes de désir) sans aucun prétraitement tout en assurant le lien entre les résultats finaux et les données d'entrées. De plus, TraClus-DL utilise quatre entrants intuitifs adaptés au contexte du transport.

Les volets de conceptualisation et de modélisation des corridors de demande sont ensuite examinés ensemble dans un article intitulé « **Defining transportation demand corridors from a collective standpoint : typology and potentials** », soumis pour publication dans le « Journal of Transport Geography » à la fin 2015. L'article s'interroge d'abord sur la possibilité d'identifier plusieurs types de corridors de demande issus du même ensemble de données. De ce questionnement, trois types principaux possédant des caractéristiques distinctes ont pu être identifiés. Par la suite, l'article examine empiriquement les potentiels de chacun des types dans les processus de planification.

Le diagnostic de l'offre est abordé principalement dans le chapitre 7. Dans ce chapitre, un cadre d'évaluation de l'offre reposant sur le concept de corridors de demande est proposé. Par la suite, l'intégration d'une vision orientée vers la mobilité durable est discutée. Le chapitre conclut sur l'adaptabilité du cadre proposé au diagnostic de certains aspects lorsqu'un nombre limité d'hypothèses opérationnelles est nécessaire. Par ailleurs, le chapitre stipule la possibilité d'élargir

le champ d'évaluation pour couvrir d'autres aspects en formulant plus d'hypothèses opérationnelles concernant l'utilisation de corridors de demande. Néanmoins, une telle formulation pourrait remettre en question le rôle de corridor de demande en tant qu'unité « neutre » représentative de la demande brute.

Le chapitre 8 explore l'utilisation du corridor de demande comme une unité de référence pour évaluer la structure spatiale de l'offre. Le chapitre est présenté en forme d'article scientifique intitulé « **What if the network was designed by the demand and how much does it comply with the supply ?** » accepté pour présentation au Congrès annuel de TRB prévu en janvier 2017. Dans ce chapitre, les différentes facettes de la structure spatiale de l'offre à travers l'adaptation de plusieurs indicateurs au concept de corridors de demande (tortuosité collective, éloignement collectif, etc.). Le résultat illustre le potentiel des corridors de demande comme outils dans la conception et la planification de l'offre ainsi que dans les processus de prise de décision.

Dans le chapitre suivant, quelques concepts complémentaires liés aux corridors de demande sont présentés. La première section du chapitre introduit le concept des corridors chaînes. Ensuite, une section dédiée à l'identification équitable des corridors de demande est présentée, laquelle est suivie par une section qui présente un concept de regroupement temporel à l'aide d'un algorithme appelé TimeClus.

Les résultats obtenus par l'étude des corridors de demande permettent d'avoir une réflexion plus profonde face au concept des corridors et leur rôle dans les processus de planification. Le potentiel de synthétiser une grande matrice OD en illustrant les principaux flux de mobilité offre aux planificateurs un outil « neutre » de visualisation distant de l'offre et des découpages administratifs ou opérationnels. Les mêmes résultats permettent de tracer les axes denses de mobilité ce qui facilite l'identification des potentiels d'amélioration ou la désignation et la planification de l'offre.

Enfin, la demande et l'offre sont inséparables. La combinaison entre les deux visions permet de couvrir un angle plus large qu'une étude basée uniquement sur la demande ou sur l'offre. Le but ultime de cette thèse est d'explorer le concept et les limites d'une approche basée sur la demande brute uniquement pour mieux comprendre la mobilité. Cette compréhension amène à identifier les besoins et les potentiels d'amélioration selon une perspective distante de tous les obstacles et les limites préconçues au niveau opérationnel, technique et politique.

ABSTRACT

Many researchers have benefited from the concept of the transport corridor to cover mobility issues and their interactions with land use, the environment, human health, and economic development. However, most of the available literature examines the economic and the political impacts of corridors and links it to the presence of transportation services and infrastructures (the supply).

Moreover, the use of this concept in the urban transportation assessment and planning process remains limited due to the lack of a clear definition and modeling approach adapted to the very scattered nature of travel in urban areas.

This thesis provides a deep reflection on the transport corridor's definition and characteristics and offers a modeling framework to identify urban transportation corridors using the transport demand, represented by the Origin and Destination (OD), in the absence of supply elements.

In addition, the thesis provides new insights into the possible ways that demand corridors can be seen and used to understand mobility patterns so to assess, plan, and improve the transportation supply. Furthermore, it proposes a global framework and constructs some indicators that incorporate demand corridor as a “fair” comparison unit, to assess the adequacy of transportation supply with respect to the demand.

To fulfill its objective, the thesis focuses on the conceptualization and the modeling of the urban movement flows in addition to the assessment of the transportation supply from the collective demand standpoint. The main thesis topics are presented in six chapters, four of them in the form of scientific papers that have been published or submitted for publication in a scientific journal.

The first main chapter (Chapter 4) contributes to the limited existing literature regarding the definition of transportation corridor by proposing a well-defined typology based on the main identification elements. It distinguishes between two main types of corridors: the first type relies on the supply elements, administrative, or geographical attributes (network, infrastructure, and administrative limits) to identify the supply corridor; the second type relies on demand elements such as OD data to identify the demand corridor which represents, with a high fidelity, the collective movement pattern. These issues are addressed and discussed in a paper entitled **“Encapsulating and visualizing disaggregated origin-destination desire lines to identify demand corridors”** published in the journal "Transportation Research Record" in 2014.

Moreover, the paper tests and examines the potential of some identification methods in the visualization of disaggregated OD matrices.

Chapter 5 analyses the gaps, identified in the previous chapter, regarding demand corridors modeling. Then, it proposes an algorithm called Trajectory Clustering for Desire Line (TraClus-DL) to identify demand corridors. The chapter is presented in the form of a scientific paper entitled **“Travel Demand Corridors: Modelling Approach and Relevance in the Planning Process”** published in the journal "Journal of Transport Geography" in 2017. It should be noted that this paper is an updated and extended version of another paper entitled **“TraClus-DL: A desire line clustering framework to identify demand corridor”** that has been published in the TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers in 2014 (Annexe B).

Unlike another method regarding the identification of transportation corridor, Chapter 5 identifies corridors in the absence of the external elements of demand or without a trade-off between the travel demand and the operational, administrative, and urban constraints. To do so, the direct and the shortest line between an origin and its destination, called a desire line, is used as the main input in the TraClus-DL algorithm in addition to four simple and intuitive parameters.

The algorithm functionality is tested using an OD matrix from the Montreal area. The algorithm results are “short” corridors that trace the dominant movement axis. These results can help planners to assess the network and point potential avenues for improvement. It should be noted that some of TraClus-DL’s main advantages are the ability to identify demand corridors from disaggregated OD data without any pre-treatment while ensuring the link between the final results and the input data.

Chapter 6 questions the possibility and the benefits of identifying various types of demand corridor from the same data set. This chapter is presented in the form of a scientific paper entitled **“Defining transportation demand corridors from a collective Standpoint: typology and potentials”** that has been submitted for publication in the "Journal of Transport Geography" at the end of 2015. The chapter proposes a typology that classifies demand corridors, based on the identification approach, into three types: inter-zonal corridors, segments corridors, and convex corridors. Furthermore, the typology is addressed and illustrated by using an algorithm, TraClus-DL, on disaggregated data from the Montreal OD survey. Additionally, the chapter highlights the potential use of each type

of corridor in different transportation planning levels such as identifying, analyzing and characterizing main movement patterns.

The next chapter, Chapter 7, proposes a framework to assess the supply sustainability level by benefiting from the demand corridor as a reference unit. It concludes the potential of using demand corridors in the assessment process. However, some hypotheses regarding the functionality of demand corridors are required, especially in assessing operational aspects, which might question the role of demand corridor as a fair comparison unit representative to the demand.

Work in Chapter 8 benefits from the demand corridor as a reference unit and provides new insights into the possible ways of assessing the spatial characteristics of the supply structure. This chapter is presented in the form of an article entitled **“What if the network was designed by the demand and how much does it comply with the supply?”** » accepted for presentation in the TRB 96th Annual Meeting that will be held on January 2017. The paper examines the relevance of using demand corridors as a reference unit in supply design. Therefore, it proposes an approach and a set of four indicators that incorporate the demand corridor to assess different facets of the supply structure through quantifying the distortion, the remoteness and the supply shape.

In the next chapter, Chapter 9, some additional concepts related to demand corridors are presented. The first section introduces the concept of corridor-chains; the second section examines the integration of an equity concept into corridor identification process. The last section presents a temporal clustering algorithm called TimeClus.

The results obtained by studying the demand corridors allow a deep reflection on the concept of corridors and their role in transportation assessment and planning. In addition, to synthesizing and visualizing OD matrixes, demand corridors trace the shape of dense mobility axes and appear as relevant tools for transportation planning, and in the decision-making processes in which an indicator is needed to evaluate the current or planned supply. The use of the demand corridor as a reference unit reflects the collective demand standpoint and offers the possibility to rank supplies based on each supply's level of compliance to the demand flow. Yet, some operational hypotheses should be formulated regarding demand corridor functionality to assess its sustainability level.

Finally, the demand and the supply are inseparable. The combination of the demand corridor studies and the supply corridor studies covers a wider angle than studying the demand or the supply. The ultimate goal of this thesis is to explore the concept and limits of an approach based on the

unprocessed demand to better understand the mobility. This understanding leads to identify the needs of potential improvements in the absence of preconceived operational, technical, or political limitations.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VIII
TABLE DES MATIÈRES	XII
LISTE DES TABLEAUX.....	XVII
LISTE DES FIGURES.....	XVIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XXI
LISTE DES ANNEXES.....	XXIII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte	1
1.1.1 Visualisation de la demande brute au niveau collectif.....	2
1.1.2 Modélisation de la demande brute	3
1.1.3 Diagnostic du niveau de durabilité de l'offre.....	3
1.2 Objectifs	4
1.3 Contributions originales	5
1.4 Plan.....	5
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	8
2.1 Concept de corridor	9
2.1.1 Définition	9
2.1.2 Caractéristiques	12
2.1.3 Typologie	14
2.1.4 Rôles.....	29

2.2	Modélisation des corridors	29
2.2.1	Sources de données	30
2.2.2	Approche de modélisation.....	34
2.3	La durabilité des corridors de transport.....	39
2.3.1	Indicateurs	39
2.3.2	Méthodologie d'analyse du cycle de vie	45
2.3.3	Approche de notation	47
2.4	Synthèse et discussion.....	50
2.4.1	Évolution du concept.....	50
2.4.2	Diagnostic du niveau de durabilité.....	51
2.4.3	Potentiels et limitations	51
CHAPITRE 3	DÉMARCHE DE L'ENSEMBLE DU TRAVAIL.....	53
3.1	Définition du concept de corridors de demande et illustration de son potentiel dans la visualisation et la compréhension des données OD désagrégées	53
3.2	Développement d'un modèle d'identification des corridors de demande et proposition d'un indicateur pour diagnostiquer le réseau	55
3.3	Proposition d'une typologie des corridors de demande	59
3.4	Utilisation de l'approche du corridor de demande pour diagnostiquer le niveau de durabilité de l'offre.....	63
3.5	Synthèse	64
CHAPITRE 4	ARTICLE 1: ENCAPSULATING AND VISUALIZING DISAGGREGATED ORIGIN-DESTINATION DESIRE LINES TO IDENTIFY DEMAND CORRIDORS	65
	Abstract	65
4.1	Introduction	67
4.2	Corridor Concept.....	68

4.2.1	Mapping approaches of OD data.....	68
4.2.2	Corridor concept discussion	69
4.3	Research Methodology and Data	70
4.3.1	Objectives.....	71
4.3.2	Data Selection	72
4.3.3	Data preparation and processing	73
4.4	Advantages and limitations	80
4.5	Conclusions	82
4.6	Acknowledgments	82
CHAPITRE 5 ARTICLE 2: TRAVEL DEMAND CORRIDORS: MODELLING APPROACH AND RELEVANCE IN THE PLANNING PROCESS.....		83
	Abstract	83
5.1	Introduction	84
5.2	Transportation Corridors	86
5.3	Demand Corridor Identification Algorithm (TraClus-DL)	91
5.3.1	TraClus-DL Structure.....	91
5.3.2	TraClus-DL Core Algorithm.....	92
5.3.3	TraClus-DL Processing Stages.....	92
5.3.4	Post Processing.....	96
5.4	Experimental Section	96
5.4.1	Clarification of TraClus-DL Functionality and Implementation	97
5.4.2	Assessing Transportation Supply from a Collective Demand Perspective	99
5.5	TraClus-DL Sensitivity analysis	106
5.5.1	Results of TraClus-DL	106
5.5.2	TraClus-DL VS TraClus	109

5.6	Discussion	111
5.7	Conclusions	112
5.8	Appendices: Algorithms.....	114
CHAPITRE 6 ARTICLE 3: DEFINING TRANSPORTATION DEMAND CORRIDORS FROM A COLLECTIVE STANDPOINT: TYPOLOGY AND POTENTIALS		117
	Abstract	117
6.1	Introduction	119
6.2	Background	120
6.3	Demand Corridors Typology	122
6.4	Methodology	125
6.4.1	Data selection and description.....	125
6.4.2	Identification approach (TraCLus-DL)	126
6.4.3	Corridor identification and visualisation.....	127
6.5	Discussion and Conclusion	132
6.6	Acknowledgments.....	135
CHAPITRE 7 CORRIDORS DE DEMANDE AU SERVICE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE.....		136
7.1	Cadre d'évaluation	136
7.1.1	Définition des objectifs et des enjeux	137
7.1.2	Identification des corridors de demande	138
7.1.3	Identification de l'offre	138
7.1.4	Évaluation.....	138
7.2	Discussion du cadre d'évaluation.....	140
CHAPITRE 8 ARTICLE 4: WHAT IF THE NETWORK WAS DESIGNED BY THE DEMAND AND HOW MUCH DOES IT COMPLY WITH THE SUPPLY?		142

8.1	Introduction	144
8.2	Related work	144
8.3	Research methodology	145
8.3.1	Corridor Identification.....	146
8.3.2	Structure Analysis	146
8.4	EXPERIMENTAL SECTION	149
8.5	Discussion	154
8.6	Conclusion.....	156
CHAPITRE 9 RÉSULTATS COMPLÉMENTAIRES		157
9.1	Identification équitable des corridors	157
9.2	Corridor chaîne.....	160
9.3	Outil du regroupement temporel	164
CHAPITRE 10 DISCUSSION GÉNÉRALE		168
CHAPITRE 11 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		172
11.1	Synthèse des travaux	172
11.2	Contributions	174
11.3	Limitations	175
11.3.1	Conceptualisation et modélisation	175
11.3.2	Cadre d'évaluation	176
11.4	Perspectives	177
BIBLIOGRAPHIE		179
ANNEXES		190

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Exemples d'analyse de discours.....	11
Tableau 2.2: Exemples de critères d'identification des corridors	16
Tableau 2.3: Principaux critères couverts directement par les corridors intégrés, actifs et verts ..	27
Tableau 2.4: Caractéristiques des données OD selon la source de collecte (enrichi et adapté de Pucci et al. (2015))	33
Tableau 2.5: Hiérarchie des catégories et des sous-catégories dans le SCRS (traduit et adapté de (Oswald, Michelle Renee, 2008; Oswald, Michelle R. & McNeil, 2010))	49
Tableau 3.1: Avantages et limitations des trois types de corridors de demande.....	62
Table 5.1: Variables used from the OD survey	100
Table 6.1: Attributes used from the Montreal OD survey.....	126
Table 6.2: Advantages and limitations of corridors types.....	134
Table 8.1: Corridor 9 structure assessment results.....	154
Tableau 9.1: Distance moyenne observée et facteur de vulnérabilité estimé par cohorte d'âge..	159
Tableau 10.1: Croisement entre les questions de recherche et les principaux chapitres de la thèse	171
Tableau A.1: Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principaux définitions d'un corridor dans la littérature	191
Table B.1: Variables used from the OD survey	210
Table B.2: Short motorized trips collective tortuosity	215

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1: Représentation de la route de la soie (Wikipedia, 2012)	8
Figure 2.2: Cadre général de la revue de littérature	9
Figure 2.3: Représentation d'un corridor (Smith, 1999)	14
Figure 2.4: Corridor Rotterdam- Gênes (à gauche) et corridor NASCO (à droite) (NASCO, 2012; Witte, 2014)	18
Figure 2.5: Exemples des principaux types de corridor dans la littérature	28
Figure 2.6: Rôles des corridors	29
Figure 2.7: Illustration d'un exemple simple d'approche de représentation directe	34
Figure 2.8: Exemple d'identification de corridors avec deux approches d'agrégation zonale	35
Figure 2.9: Étapes du regroupement de TraClus (Lee, J.-G. et al., 2007)	37
Figure 2.10: Distances de similarité	38
Figure 2.11: Composants de la tortuosité	40
Figure 2.12: Conceptualisation de la Hmax	41
Figure 2.13: Concept du coût angulaire	42
Figure 3.1: Vision de corridor de transport	54
Figure 3.2: Illustration simplifiée des intrants de TraClus-DL	57
Figure 3.3: Fonctionnement de TraClus-DL	58
Figure 4.1: Mapping 700 O-D pairs from survey in Montreal by (a) desire lines and (b) flow map	69
Figure 4.2: Concept of corridor	70
Figure 4.3: Corridor identification and visualization approach	71
Figure 4.4: Extracted data for Tuesdays from OD survey: a) OD points, b) desire lines	73
Figure 4.5: Visualization of clustering by TraClus (a) with different combinations of parameters to select and (b) ideal combination of parameters	76

Figure 4.6: Visualizing of major corridor in Montreal: a. major and sub-corridor (density based identification), b. identified priority corridor	78
Figure 4.7: Evolution of demand corridor throughout typical Tuesday.....	81
Figure 4.8: Peak hour corridors.....	81
Figure 4.9: Identification of corridors by gender	82
Figure 5.1: Maximum angle between the main corridor path and desire lines	88
Figure 5.2: Corridor identification based on features	90
Figure 5.3: TraClus-DL processing stages	94
Figure 5.4: Clarification of TraClus-DL functionality and implementation	98
Figure 5.5: Studied trips (desire lines) in Laval city area	100
Figure 5.6: Corridor identification results.....	102
Figure 5.7: Analyzing corridor A and B	105
Figure 5.8: Selected trips on Nun’s Island	106
Figure 5.9: Sensitivity analysis of TraClus-DL vs input values	108
Figure 5.10: TraClus-DL vs TraClus behavior	110
Figure 6.1: Corridors from same data set between different pre-delimited units	121
Figure 6.2: Illustration of different types of demand corridors.....	124
Figure 6.3: Selected data set (839 desire lines) and the Deux-Montagnes train line	125
Figure 6.4: Inter-zonal corridors	129
Figure 6.5: Segments corridor	130
Figure 6.6: Non-clustered trips and convex corridors.....	132
Figure 7.1: Cadre d’évaluation classique et cadre d’évaluation basé sur la demande	137
Figure 8.1: Network structure assessment indicators.....	148
Figure 8.2: Island of Montreal with subway network and observed desire lines.....	150
Figure 8.3: Demand corridor identification results	151

Figure 8.4: The corridor 9 analysis	153
Figure 8.5: The effect of the choice of parameters on demand corridor identification.....	155
Figure 9.1: Comparaison entre une identification neutre et équitable des corridors de demande	158
Figure 9.2: Comparaison entre une identification neutre et équitable du corridor AB	160
Figure 9.3: Concept de corridor chaîne	161
Figure 9.4: Représentation d'un corridor chaîne simple dans l'agglomération de Longueuil	163
Figure 9.5: Ressemblance entre les attributs angle et heure	165
Figure 9.6: Algorithme de TimeClus	166
Figure 9.7: Délimitation des deux périodes les plus denses dans la journée selon l'heure de départ	167
Figure B.1: Maximum angle between main corridor path and desire lines	202
Figure B.2: Corridor identification based on features	204
Figure B.3: TraClus-DL processing stages	207
Figure B.4: Motorised trips with less than 1.3 km threshold distance in the Montreal area and Nun's Island (OD survey, 2008)	211
Figure B.5: Nun's Island demand corridors	212
Figure B.6: Nun's Island demand corridors and transportation network.	214
Figure B.7 : Sensitivity analysis of TraClus-DL vs input values.....	217
Figure B.8: TraClus-DL VS TraClus behavior	219

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACV	Analyse de Cycle de Vie ACV
ACV-A	Analyse de Cycle de Vie attributionnelle
ACV-C	Analyse de Cycle de Vie conséquentielle
AIPCR	Association Mondiale de la Route
AMT	Agence métropolitaine de transport
AVL	Systèmes de localisation automatique des véhicules
BRT	Bus rapid transit
CAP	Système de paiement par cartes à puce
CCE	Commission des Communautés Européennes CCE
CPDSD	Clovis Planning and Development Services Department
CRDALN	Centre de Ressources Documentaires Aménagement Logement Nature
CTD	Centre pour un Transport Durable
GES	Gaz à Effet de Serre
GTFS	General Transit Feed Specification ¹
GRM	Grande Région de Montréal
HQE	Haute Qualité Environnementale
ICM	Integrated Corridor Management (Management Intégré de Corridor)
ITC	Integrated Transportation corridor (corridor de transport intégré)
KPI	Indicateurs d'évaluation de performance
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design

¹ Traduction littérale : spécification générale pour les flux relatifs aux transports en commun.

MTQ	Ministère des transports du Québec
OD	Origine-Destination
ODS	Origine-Destination Survey
PT	Public Transit
SCRS	Système de Notation Durable de Corridor
SM	Secteur Municipal
SRB	Service rapide par bus
STL	Société de Transport de Laval
STM	Société de Transport de Montréal
TC	Transport Collectif
TraClus	Trajectory Clustering
TraClus-DL	Trajectory Clustering for Desire Lines
TRB	Transportation Research Board

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A - DÉFINITION D'UN CORRIDOR DE TRANSPORT	191
ANNEXE B - ARTICLE 5: TRACUS-DL: A DESIRE LINE CLUSTERING FRAMEWORK TO IDENTIFY DEMAND CORRIDORS.....	197
ANNEXE C - ALGORIGRAMME D'IDENTIFICATION DES CORRIDORS INTERZONAUX	222
ANNEXE D - ASTUCES POUR FACILITER LA SÉLECTION DES ENTRANTS DE TRACUS-DL	223

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le développement urbain et les activités humaines, dont le transport, ont des effets significatifs sur la qualité des écosystèmes, l'épuisement des ressources naturelles, les changements climatiques ainsi que la santé humaine et le développement de la société.

Sans négliger ses impacts économiques et sociaux, le transport est considéré comme une des causes principales des émissions de gaz à effet de serre (GES) au Canada, en France et presque partout dans le monde. Au Québec, le secteur du transport générait en 2013 43,0 % des émissions de GES, dont 78,2 % provenaient du transport routier (MDDELCC, 2016). La situation est similaire en France où le transport est le plus important facteur contributif des émissions de GES et sa part est estimée à 27.0 %, dont 94.4% est issu du transport routier (CGDD, 2015).

Les politiques de transport ont été ajustées en conséquence, au fur et à mesure qu'une prise de conscience s'est effectuée quant à l'importance des efforts à réaliser pour s'orienter vers une mobilité durable. Le transport doit être durable pour faire face à la croissance constante des activités humaines qui s'accompagne d'une augmentation importante des besoins et des désirs de déplacement (demande de transport). La mise en place d'une stratégie de mobilité durable passe d'abord par une meilleure compréhension de la demande de transport.

Le concept de corridor permet d'améliorer la connaissance des déplacements et des comportements des usagers. Comtois (2012) définit le corridor comme « *un axe qui donne accès à un lieu et qui exprime la concentration de flux* », alors que le département des transports de Washington présente l'étude du corridor comme un outil pour déterminer la meilleure façon de répondre à la demande de déplacements actuelle et future (WSDOT, 2013).

Les différentes institutions et chercheurs dans le domaine du transport considèrent le corridor comme une unité d'étude, d'analyse et d'évaluation de l'offre de transport permettant de couvrir à la fois les enjeux traditionnels liés à la mobilité et les impacts et interactions liés au développement durable tels que l'occupation du sol, l'environnement, la santé humaine et le développement économique (Comité économique et social européen, 2007; Oswald, Michelle R. & McNeil, 2010). En plus, l'étude du corridor comporte l'avantage d'analyser et de comprendre la mobilité à une

échelle collective et ce niveau d'étude et de compréhension est indispensable à l'élaboration des politiques de transport dont la priorité est de satisfaire l'ensemble de la collectivité (Pucci, 2016).

Le concept de corridor n'est pas nouveau. En effet, il existe une importante littérature qui étudie le corridor en tant que produit économique et politique issu du développement urbain et la présence de services et d'infrastructures de transport (offre de transport) (Brisson, 2014).

Cependant, l'utilisation du concept dans la planification des transports au niveau urbain demeure encore limitée. Cette limitation est liée à l'absence d'une définition et d'une approche de modélisation adaptée à la nature des déplacements, très dispersés, dans le milieu urbain. Nous souhaitons y contribuer d'une part, en clarifiant le concept de corridor et d'autre part, en établissant son potentiel dans le processus de planification des transports en milieu urbain.

Pour ce faire, nous devons nous attarder à mieux comprendre le concept de corridor selon les différents acteurs du transport afin d'en établir les caractéristiques et de les transposer dans une approche de modélisation de la demande. Cette modélisation nous permettra par la suite de diagnostiquer l'écart entre l'offre et la demande de transport.

Cette recherche a pour objectif de contribuer à la clarification de la définition de corridor en tant que produit de transport urbain, à la visualisation et la modélisation de la demande ainsi qu'au diagnostic du niveau de durabilité de l'offre.

Afin de mieux apprécier les enjeux relatifs au rôle du corridor, nous distinguons les problèmes et les défis liés à la compréhension et à l'exploitation de la demande de transport en trois catégories expliquées dans les sections suivantes.

1.1.1 Visualisation de la demande brute au niveau collectif

La demande individuelle de transport peut se résumer par deux nœuds qui récapitulent le désir de déplacement du lieu d'origine vers le lieu de destination. Le parcours entre ces deux nœuds comporte plusieurs représentations possibles : une séquence des liens entre tous les points de passage pour représenter le parcours réel avec une grande fidélité ; une séquence de liens entre les principaux points de passage pour représenter le parcours d'une façon simplifiée et enfin, une ligne directe qui relie l'origine à sa destination (ligne de désir) pour représenter le parcours brut et « optimal », mais possible théoriquement.

Au niveau collectif, la demande individuelle brute doit être synthétisée. Le concept de corridor pourrait efficacement contribuer à la représentation de la demande brute, mais des questionnements au niveau de la conceptualisation sont soulevés : Qu'est-ce qu'un corridor de transport ? Comment pouvons-nous représenter un corridor de demande ? À partir de quels éléments pouvons-nous identifier les corridors de demande le plus objectivement possible ? À partir du même ensemble de données, pouvons-nous identifier un ou plusieurs types de corridors de demande ?

1.1.2 Modélisation de la demande brute

En ce qui concerne la demande globale, les techniques de synthèse et d'agrégation sont utilisées pour présenter la demande collective à partir des déplacements individuels. La majorité des techniques de synthèse sont alimentées par des éléments externes (découpage administratif, réseau de transport, etc.) pour simplifier le processus de traitement et de représentation. Toutefois, l'intégration de tels éléments diminue l'objectivité de la représentation de la demande initiale brute.

Plusieurs défis et questionnements surgissent donc en ce qui concerne les étapes de modélisation des corridors de demande. Pouvons-nous délimiter les corridors en nous basant uniquement sur les caractéristiques du corridor et en utilisant les lignes de désir considérées comme étant les plus simples représentations de la demande ? Quelles sont les approches possibles et les plus appropriées ? Quelles sont les limites d'une telle modélisation ?

1.1.3 Diagnostic du niveau de durabilité de l'offre

Depuis l'émergence du concept de développement durable comme une cible ultime dans tous les secteurs, il y a eu un intérêt croissant pour intégrer ce concept dans les projets de transport. Plusieurs chercheurs se sont intéressés à comparer les différentes approches d'évaluation du niveau de durabilité (Bueno, Vassallo, & Cheung, 2015). Bueno et al. (2015) constatent le manque d'approches d'évaluation transparente « neutre » permettant d'évaluer le niveau de la durabilité des projets lors des processus de planification et de prise de décision.

En fait, l'intégration de la durabilité fait face à des obstacles liés à l'opérationnalisation du concept et à l'absence d'une unité de référence et d'évaluation (Bueno et al., 2015; Sioui, 2014).

Les corridors de demande pourraient agir comme une unité de référence neutre identifiée à partir de la demande brute ; confronter les corridors de demande avec ceux de l'offre permettrait

d'évaluer à quel point l'offre s'éloigne d'une abstraction de la demande. Cette confrontation nécessite toutefois la définition d'une approche structurée et d'une série d'indicateurs qui permettent d'évaluer le niveau de durabilité de l'offre.

1.2 Objectifs

L'objectif général de la thèse est de contribuer à la définition et à la modélisation des corridors de demande en vue de proposer une méthodologie de caractérisation et d'analyse de l'offre de transport. De plus, cette recherche vise à proposer une approche permettant d'examiner le rôle des corridors de demande dans le diagnostic du niveau de durabilité de l'offre afin de choisir les solutions et les politiques les plus compatibles avec la vision retenue, soit celle du développement durable.

Pour atteindre cet objectif, plusieurs enjeux et pistes de réflexion seront pris considération. En voici quelques-uns :

- Actuellement, il n'existe pas de synthèse qui décrive le concept de corridor du point de vue du transport (Debie & Comtois, 2010). Cela confirme l'importance de réaliser une synthèse qui clarifie les différents concepts de corridors dans le domaine du transport. De plus, la caractérisation des corridors de transport au niveau urbain a un effet important sur la façon dont les comportements de mobilité sont vus et modélisés.
- Les corridors sont souvent identifiés à l'aide des éléments de l'offre et à grande échelle spatiale. Les déplacements urbains concentrés et dispersés dans toutes les directions présentent un défi de synthèse et d'identification des grands axes de mobilité, d'où l'importance de proposer un outil neutre de modélisation (distant de l'influence directe de l'offre) qui permette de faciliter la compréhension de la mobilité collective dans l'environnement urbain.
- En l'absence d'éléments de l'offre, l'utilisation des éléments de la demande brute pour définir un corridor permet d'utiliser ce corridor de demande comme unité de référence et d'évaluation de l'offre. La confrontation des corridors de la demande avec ceux de l'offre mène à identifier les potentiels d'amélioration et permet de mesurer le niveau d'éloignement entre l'offre et la demande.

1.3 Contributions originales

Nous identifions quatre contributions principales de la thèse à l'avancement et à l'amélioration des connaissances. Ces contributions consistent à :

- Améliorer la compréhension du concept de corridor dans les milieux académiques et opérationnels. Ces connaissances viennent enrichir les réflexions sur le sujet dans ces milieux.
- Caractériser les corridors. La clarification et la caractérisation des corridors permettent de mieux identifier les corridors ce qui mène à une meilleure compréhension de la demande collective de déplacements.
- Identifier le potentiel du corridor de demande dans le processus de planification. La visualisation des données et l'identification des axes denses de mobilité donnent aux planificateurs et aux décideurs la possibilité de percevoir objectivement les besoins en déplacements.
- Proposer une approche appliquée de modélisation des corridors de demande. L'approche d'identification des corridors de demande (TraClus-DL) présente un outil intuitif et adapté au transport dont les données de sortie sont faciles à visualiser et à analyser.
- Proposer un cadre général d'évaluation de l'offre à travers la production d'une référence (corridor de demande) et l'intégration des enjeux connectés au développement durable. Ce cadre structure les processus d'évaluation et permet d'évaluer l'adaptation des services proposés ou de mesurer l'écart par rapport à la demande. Cette contribution devrait intéresser les décideurs qui cherchent une méthodologie structurant les étapes de la prise de décision couvrant à la fois les enjeux traditionnels liés à la mobilité et les impacts et interactions liés au développement durable.

1.4 Plan

Cette thèse présente les contributions apportées à la clarification du concept de corridor et son potentiel, à la modélisation des corridors de demande et à l'évaluation du niveau de durabilité de l'offre selon plusieurs volets. Le chapitre 1 est dédié à l'introduction, au contexte, aux objectifs et aux contributions originales de la recherche. Le chapitre 2 présente une revue de littérature

pertinente aux travaux. En analysant les différentes visions du concept de corridor, il souligne et résume les traits caractéristiques des corridors de transport. Par la suite, ce chapitre s'attarde à la typologie du corridor et discute du rôle et de l'évolution du concept.

Le chapitre 2 présente aussi les différentes approches d'identification du corridor à partir de la demande telles que les approches d'agrégation spatiale ou de regroupement et discute de l'utilisation et des limitations des différentes approches. Enfin, le chapitre 2 présente une revue des principales approches d'évaluation de la durabilité dans le domaine de transport. Ce chapitre se termine par une discussion des principales lacunes rencontrées dans la littérature concernant l'utilisation de l'approche du corridor en planification urbaine des transports.

Le chapitre 3 présente la démarche de l'ensemble du travail (organisation générale de la thèse). Cette thèse est globalement divisée en quatre volets présentés en détail dans les chapitres 4, 5, 6, 7 et 8 et qui sont les suivants :

- La définition du corridor, les approches d'identification des corridors de demande et leur rôle dans la visualisation des données désagrégées (chapitre 4) ;
- La caractérisation des corridors et la proposition d'un algorithme adapté au contexte du transport pour identifier les corridors de demande à partir de lignes de désir (chapitre 5) ;
- La clarification de différents types de corridor de demande et la démonstration de leur rôle dans la planification des réseaux de transport (chapitre 6) ;
- La proposition d'un cadre global d'évaluation du niveau de durabilité de l'offre à travers l'utilisation des corridors de demande comme unités de référence (chapitres 7 et 8).

Chacun des chapitres 4, 5, 6 et 8 contient un article publié ou soumis pour publication dans des revues scientifiques. Le chapitre 7 propose quant à lui un cadre général d'évaluation du niveau de durabilité.

Dans le Chapitre 9, quelques résultats complémentaires sont explicités à travers plusieurs sections. La première section propose une approche pour intégrer l'équité dans l'identification des corridors, la deuxième consiste à définir et caractériser les corridors de type chaîne et la dernière présente un outil permettant la définition d'une meilleure segmentation horaire.

Le chapitre 10 rappelle les objectifs et contributions de la thèse et discute de l'ensemble de la thèse en regard des aspects méthodologiques et des résultats en lien avec la revue de la littérature.

Dans le chapitre 11, quelques pistes de développement nécessitant un approfondissement méthodologique et technique sont exposées. Par la suite, la conclusion et les perspectives de recherche sont présentées. La thèse se termine par une liste bibliographique ainsi que plusieurs annexes, lesquels sont : un tableau chronologique qui synthétise les différentes définitions de corridor, un article scientifique intitulé « TraClus-DL : A Desire line clustering framework to identify demand corridors » examiné en comité de lecture et présenté en 2015 au congrès annuel du Transportation Research Board (TRB) ainsi qu'un tableau qui présente quelques astuces d'utilisation de l'algorithme TraClus-DL.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Le corridor est un terme global à la fois clair tout en étant ambigu et qui est utilisé dans plusieurs domaines. Sa clarté vient de sa fonction principale de mettre des espaces en communication les uns avec les autres, tandis que son ambiguïté est liée à sa perception qui varie selon le contexte.

Dans le domaine du transport, le concept remonte à des milliers d'années. Datant de 2000 ans av. J.-C. ou AEC, la Route de la Soie (Figure 2.1) représenterait l'un des premiers corridors de transport de l'histoire par sa fonction de relier l'est à l'ouest : il permettait de faire transiter les marchandises, de faciliter les déplacements des forces militaires et d'inciter le développement urbain des villes traversées (Arnold, 2006; Wikipedia, 2012).

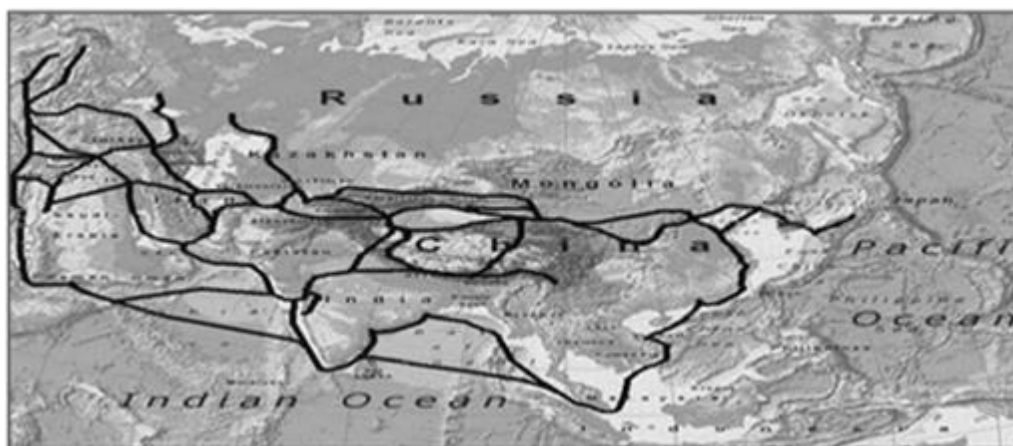


Figure 2.1: Représentation de la route de la soie (Wikipedia, 2012)

La littérature scientifique (Jian, Lizhong, & Daoliang, 2005) relie par ailleurs l'utilisation du concept à l'urbaniste espagnol Soria Y Mata (1844-1920). Celui-ci a conçu un modèle d'étalement urbain basé sur le réseau et l'infrastructure de transport permettant d'orienter l'extension des villes sur un axe (corridor).

Plus récemment, les chercheurs et les institutions de transport (Carr, Dixon, & Meyer, 2010; Debie & Comtois, 2010) présentent le corridor comme un objet ayant des caractéristiques et des composantes physiques et non physiques et qui rassemble différents acteurs selon le contexte politique, opérationnel, financier et légal. Cette fusion d'éléments et d'intervenants est attribuée à une utilisation plurivoque du terme.

Cette partie de notre étude vise à analyser la littérature recensée sur le concept de corridor de transport. Elle a pour objectif de faire une synthèse permettant de clarifier le concept et d'identifier les limites actuelles au niveau de la définition, de la modélisation et des processus d'évaluation d'un corridor de transport. L'identification des limites permettra par la suite de proposer des approches afin de combler les lacunes révélées par l'étude.

Pour présenter la revue de littérature, nous avons adopté un cadre général composé de trois étapes inspirées du cadre général d'étude du corridor présente dans la littérature (Carr et al., 2010), illustré par la Figure 2.2 et décrit ci-dessous :

- Étape 1 : Analyse des différentes définitions des corridors. Cette analyse permet de clarifier le concept, les caractéristiques et la typologie du corridor.
- Étape 2 : Présentation des différentes approches utilisées dans l'identification et les délimitations des corridors, en particulier les approches qui utilisent les éléments de la demande.
- Étape 3 : Présentation des approches et outils d'évaluation du niveau de durabilité des corridors. L'étape 3 permet d'alimenter le processus de prise de décision et d'intervention qui est la finalité de l'étude du corridor.

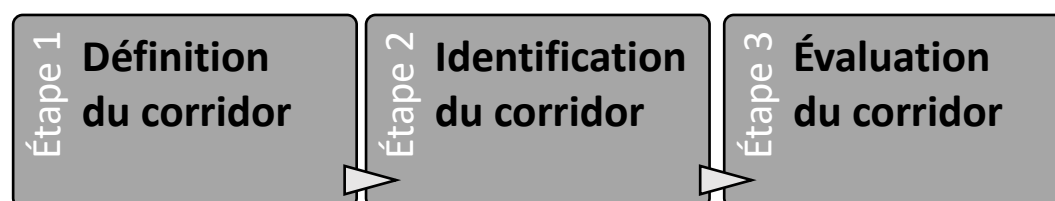


Figure 2.2: Cadre général de la revue de littérature

2.1 Concept de corridor

2.1.1 Définition

Dans la littérature scientifique, plusieurs auteurs (Debie & Comtois, 2010; Witte, 2014; Yang et al., 2010) soulignent l'absence d'une définition claire et standardisée d'un corridor de transport.

Actuellement, le terme « corridor de transport » est utilisé pour décrire un objet qui a pour fonction principale de **mettre des espaces en communication**. Au fil du temps, d'autres fonctions et

éléments ont été rajoutés, ce qui a participé à l'évolution du concept et lui a alloué un rôle économique, politique, social et environnemental plus important.

Pour mieux comprendre le concept et son évolution, une analyse de la définition présente dans les discours de différents acteurs s'avère importante. La méthode préconisée consiste à recenser les définitions utilisées dans le domaine du transport afin de les analyser à l'aide des mots-clés récurrents.

Vue la multitude d'acteurs (politiques, organisationnels, institutionnels et sociaux) qui utilisent ce terme, l'analyse cible principalement la littérature qui s'intéresse directement au transport (planification, opération, géographie, mobilité, etc.), sans négliger les autres sources lorsque celles-ci s'avèrent importantes. Suite à notre lecture et nos échanges avec les acteurs du transport, nous avons élargi notre analyse pour inclure le terme « axe de transport », étant donné que ce terme, notamment en milieu urbain européen, apparaîtrait moins problématique pour décrire un concept ayant la même fonction principale qu'un corridor de transport.

Notre analyse des définitions commence par leur classement par année de publication, puis par identification des mots-clés. Cette méthode nous permet d'identifier les caractéristiques d'un corridor et d'observer l'évolution du concept. Dans l'Annexe A de cette thèse, nous avons sélectionné et présenté quelques définitions claires du concept de corridor.

Pour clarifier la méthode utilisée, nous présentons un exemple de tableau d'analyse (Tableau 2.1), puis nous présentons quelques définitions issues de plusieurs sources. Il était important dans notre démarche d'identifier le contexte et de comprendre le sens des mots pour faire ressortir les caractéristiques des corridors.

Tableau 2.1: Exemples d'analyse de discours

Source	Définitions	Mots-clés
(Maiorana & Board, 1994)	Une bande de terre entre deux terminus dans laquelle le trafic, la topographie, l'environnement et d'autres caractéristiques sont évalués à des fins de transport	Bande de terre ; Deux terminus ; Trafic ; Environnement ; Évaluer à des fins de transport.
(La banque de données terminologiques et linguistiques du gouvernement du Canada, 2012)	<i>«une bande de terre qui comprend un axe de transport»</i>	Bande de terre ; Axe de transport ;

Les définitions présentées ci-dessous permettent de constater les différentes visions d'un corridor existant selon les acteurs :

- La banque de données terminologiques et linguistiques du gouvernement du Canada (2012) définit le corridor ou le couloir de transport comme « ***une bande de terre qui comprend un axe de transport*** ». La même source suggère d'utiliser le mot *Corridor* pour une bande ou une zone de territoire et le mot *Couloir* pour un passage plus ou moins étroit.
- Maiorana et Board (1994) ont adopté une définition qui présente le corridor comme « ***une bande terrestre entre deux centres d'attraction*** ».
- Papageorgiou (1995) définit le corridor comme « ***un réseau autoroutier qui comprend les autoroutes et les routes urbaines*** ».
- Le Transportation Research Board dans son guide sur les corridors de transport (Smith, 1999) définit le corridor comme « ***une zone géographique qui tient compte des déplacements actuels et possibles*** ».
- R. Reiss, R. Gordon L. Neudorff et Harding (2006) en collaboration avec la Federal Highway Administration (FHA) et la Federal Transit Administration (FTA) ont proposé de

définir le corridor comme « *un large secteur géographique linéaire défini par les habitudes de déplacement existantes et prévues* ». Les mêmes chercheurs soulignent également le rôle du corridor qui est de desservir des pôles de déplacements qui sont identifiés selon « *des besoins similaires de transport et de mobilité* ».

- Au niveau opérationnel, la ville de Clovis (CPDSD, 2011) définit le corridor de transport comme une « *combinaison de réseaux de transport de surface discrète et adjacente (autoroute, routes artérielles, réseaux ferroviaires, etc.) qui relie les mêmes et principales origines et destinations* ». La même source stipule que « *le corridor est défini sur le plan opérationnel plutôt que géographique ou organisationnel* ».
- Dans le livre « *The geography of transport systems* », Rodrigue, Comtois et Slack (2009) perçoivent le corridor comme « *une orientation linéaire des routes et des flux reliant des lieux importants qui agissent comme des points d'origines/destinations ou comme des points de transbordement* ». Les mêmes chercheurs stipulent que les corridors sont des « *entités multi-échelles qui dépendent des flux étudiés* » et qui peuvent être composés des routes, des autoroutes, des voies de transport en commun, des lignes maritimes ou autres.

2.1.2 Caractéristiques

Une relecture de la littérature sur les corridors permet d'identifier des traits caractéristiques des corridors de transport. Les corridors représentent des moyens de connexion qui tracent des zones géographiques multi-échelles, dynamiques et linéaires enveloppant une densité élevée de déplacements similaires. La clarification de cette description est présentée ci-dessous.

2.1.2.1 Moyen de connexion

Le corridor a pour fonction principale de mettre des espaces en communication. Il peut être symbolisé par une zone possédant des éléments (infrastructure, services de transport, etc.) permettant de se déplacer entre différents points (ports, gares, lieux de travail, zones d'habitation, etc.), certains auteurs (Debie & Comtois, 2010; Reiss, Gordon, Neudorff, & Harding, 2006) mesurant même la réussite d'un corridor par rapport à sa capacité, sa continuité, son accessibilité et la fluidité des services offerts.

Il est à noter qu'un déplacement peut s'effectuer dans un ou plusieurs corridors et qu'en fait, il y a peu de passagers qui parcourent la totalité d'un corridor pour faire le trajet entre leur point de départ et leur destination finale (Reiss et al., 2006).

2.1.2.2 Zone géographique multi-échelles

Plusieurs chercheurs ainsi que des agences de transport (Reiss et al., 2006; Vermont Agency of Transportation & Cambridge Systematics, 2005; Yang et al., 2010) stipulent que les corridors sont des unités multi-échelles, spatiales et temporelles qui regroupent des activités et des composants (économiques, environnementaux et sociaux) interagissant entre eux et avec les services de transports offerts.

Le processus de délimitation des frontières des corridors est influencé par la topographie, la composition modale, les flux étudiés, l'offre de transport et d'autres éléments qui permettent de satisfaire la demande actuelle, possible ou future. Plusieurs approches de délimitation et de modélisation sont présentées en détail dans la section 2.2.

2.1.2.3 Dynamique

La caractéristique dynamique fait référence à la possibilité de changer la structure spatiale du corridor (direction, position spatiale, dimensions, etc.) en fonction des variables étudiées telles que : la distance parcourue, l'heure de déplacement, les caractéristiques sociodémographiques des usagers, etc. En se basant sur ces variables, il est donc possible d'identifier des corridors différents dans une même zone.

2.1.2.4 Linéaire

Le corridor est un concept linéaire, la linéarité étant définie comme la capacité de **canaliser et d'orienter** les déplacements entre des points générateurs de déplacements (Jian et al., 2005; Priemus & Zonneveld, 2003; Reiss et al., 2006). De ce fait, le corridor dessert des déplacements qui sont influencés par des désirs similaires de mobilité.

Dans la littérature (Smith, 1999), le corridor est imaginé comme un *bassin récepteur de déplacements* (*TravelShed*) (Figure 2.3) et où **ces déplacements se regroupent dans une forme linéaire** alimentée par des routes de rabattement.

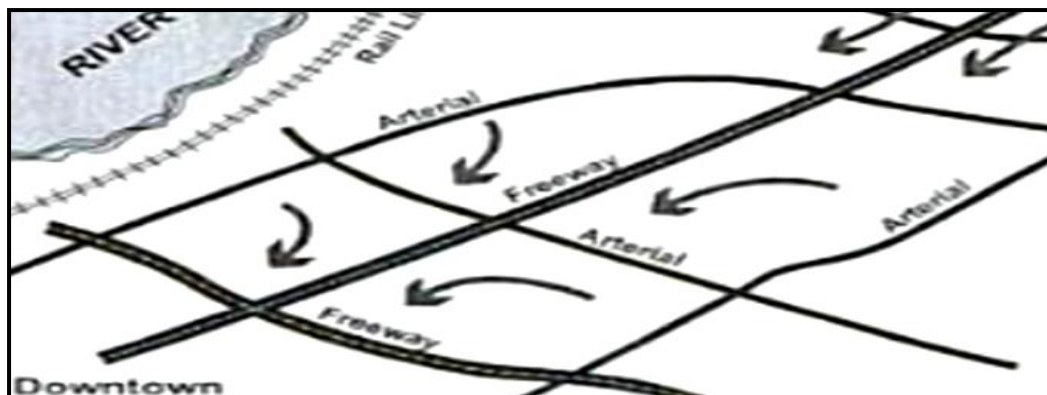


Figure 2.3: Représentation d'un corridor (Smith, 1999)

2.1.2.5 Densité élevée de déplacements similaires

Un nombre minimum de déplacements similaires est nécessaire pour identifier le corridor et cette exigence minimale est fortement associée à la typologie du corridor et aux objectifs de l'étude. À titre d'exemple, les corridors de transport en commun se distinguent, généralement, par un nombre plus élevé de déplacements que les corridors piétonniers.

La similarité des déplacements est un concept subjectif ; deux déplacements similaires ou même identiques d'un point de vue spatial pourront être complètement dissemblables d'un point de vue temporel. Le concept de similarité est discuté plus en détail dans la section 2.2.

2.1.3 Typologie

Les corridors de transport sont traditionnellement classés selon l'offre et la demande, leur couverture spatiale et leur composition modale. Une évolution du concept est remarquée dans la littérature de la dernière décennie où des éléments reflétant l'avancement technologique ainsi que les préoccupations environnementales et sociales sont de plus en plus présents.

Cette section cherche à donner un aperçu de la typologie du corridor.

2.1.3.1 Corridor d'offre et corridor de demande

L'un des défis face à l'utilisation des corridors est leur identification. La littérature permet de distinguer deux principaux types de corridors selon l'approche d'identification utilisée : les corridors d'offre et les corridors de demande.

- Les corridors d'offre sont les corridors les plus répandus dans la littérature et ils sont identifiés principalement par l'utilisation de composants et d'éléments liés à l'offre de transport (réseau, offre TC, congestion, etc.) ainsi qu'à d'autres variables administratives et socioéconomiques. Les démarches d'identification et d'analyse des corridors sont résumées dans le *Guidebook SWCP* (Carr et al., 2010). Bien que les critères de sélection et de délimitation y soient arbitraires, nous pouvons faire une synthèse de ceux qui sont les plus utilisés (voir Tableau 2.2). Il est à noter que les corridors d'offre sont principalement utilisés pour identifier et prioriser les zones d'intervention et d'investissement
- Les corridors de demande sont identifiés en utilisant les caractéristiques, les besoins et les désirs de déplacement de personnes et/ou de biens (la demande). Nous allons parler plus en détail de ce type de corridor dans la section 2.2.

Malgré la dissociation entre l'offre et la demande dans les approches d'identification, il est impossible dans la réalité de séparer l'offre de la demande, puisque l'offre est généralement planifiée selon la demande qui est elle-même influencée par la présence de l'offre.

Tableau 2.2: Exemples de critères d'identification des corridors

Identification	Critères et éléments utilisés
Délimitation générale	Présence d'infrastructures importantes ; Présence d'obstacles géographiques ; Présence de services de transport ; Présence de générateurs de déplacements (écoles, parc industriel, etc.) ; Capacité routière ; Densité de la circulation.
Longueur de corridor	Longueur des segments routiers ; Continuité des services.
Grandeur de corridor	Distance d'accès « accessibilité » selon la typologie du corridor : Environ ~ 0.5-1 km (corridor urbain) ; Environ ~1-20 km (corridor de commerce, international). Occupation du sol.

2.1.3.2 Corridor international, national, urbain

Ces trois types de corridors se distinguent par rapport à leurs couvertures spatiales (longueur et largeur). Ils ont pour objectif de mettre en communication au moins deux centres d'activités se trouvant dans des pays, des régions ou des zones différentes.

Les intérêts politiques et économiques jouent un rôle primordial dans l'évolution de ces corridors, ce que nous pouvons d'ailleurs remarquer par les points suivants :

- Un corridor international (bilatéral, multilatéral) possède la particularité d'être soumis à la fois à la réglementation nationale et aux accords bilatéraux des pays traversés (Arnold, 2006), alors que la réglementation est homogène dans le cas de corridors nationaux.
- Un corridor national ou méga-corridor (terme utilisé dans le nord-ouest de l'Europe) décrit des zones de fort dynamisme (villes) reliées par un système de transport généralement

orienté selon un axe fluvial ou littoral (Rodrigue et al., 2009; Romein, Jacob Trip, & de Vries, 2003).

- Un corridor urbain est souvent associé à des infrastructure et services de transport en commun comme un métro ou un service rapide par bus (Perl & Goetz, 2015). Ce type de corridor est présenté dans la littérature comme un outil d'aménagement liant le transport collectif et l'occupation du sol afin d'orienter et faciliter la mobilité quotidienne.

2.1.3.3 Corridor fonctionnel

Attaché étroitement à la présence des infrastructures de transport, le corridor fonctionnel peut se définir soit en fonction des motifs dominants de déplacements ou en fonction de la forme du flux des mouvements.

Corridor de commerce

Exemple le plus rencontré dans la littérature, le corridor de commerce fait partie de ceux qui sont définis selon leur caractéristique fonctionnelle dominante (corridor d'aéroport, de tourisme, minier, etc.).

En raison de ses interactions économiques et politiques, il existe une importante littérature qui recouvre ce modèle de corridor qui naît et se développe souvent à la faveur des ports maritimes. Le Canada comme l'Europe associe l'existence des corridors de commerce aux ports (Gouvernement du Canada, 2007) et leur rôle principal consiste à promouvoir les activités et le développement économiques tout au long de leur axe.

En Europe, le corridor 24 (corridor Rotterdam- Gênes) est l'un des corridors les plus importants, puisqu'il couvre sur sa longueur de 1200 km une zone très dense en population (environ 75 millions d'habitants) et qu'il permet, chaque année, le transit de plus de 700 millions de tonnes de marchandise. Les limites géographiques de ce corridor ont été définies en fonction des lignes de chemin de fer reliant les régions métropolitaines sur son axe (Witte, 2014).

Nasco (North American Super Corridor Coalition) est le corridor de commerce de référence en Amérique du Nord. Reliant le Mexique, les É-U et le Canada (Figure 2.4). NASCO cherche à développer les infrastructures multimodales de plusieurs corridors nationaux afin d'améliorer

l'efficacité et la sécurité du transport des marchandises et de participer à la création d'emplois (Conde, 2012; NASCO, 2012).

Le développement des corridors ne manque pas d'intérêts politiques controversés. Dans le journal conservateur *Human Events*, Corsi (2006) considère NASCO comme « *un mouvement politique vers une Amérique du Nord unie (North American Union) qui se sert du corridor comme outil de démantèlement de la souveraineté américaine.* »

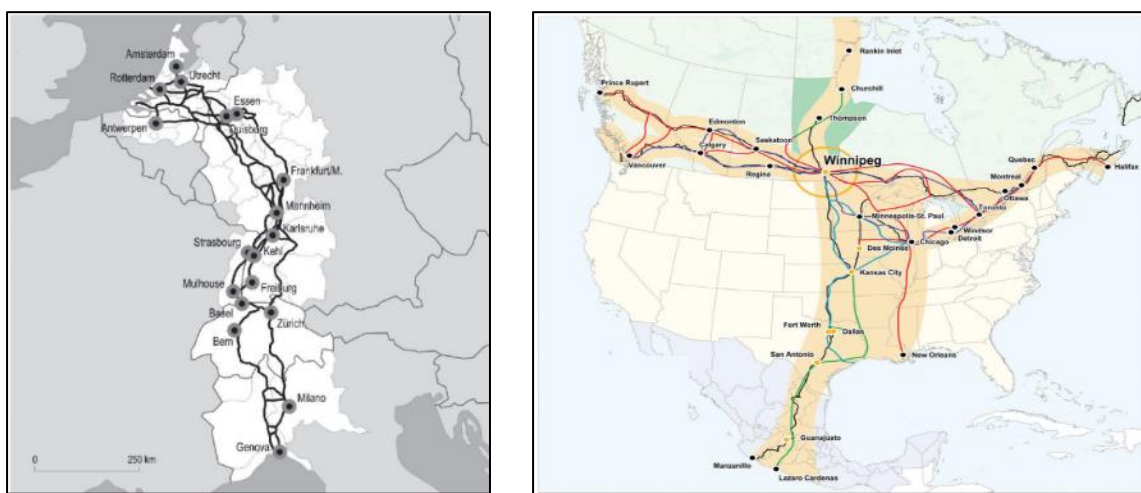


Figure 2.4: Corridor Rotterdam- Gênes (à gauche) et corridor NASCO (à droit) (NASCO, 2012; Witte, 2014)

Corridor de pénétration

Quand les corridors relient deux zones sans aucune activité de transit, ceux-ci sont appelés corridors interzonaux ou corridors de pénétration. Comtois (2012) propose la définition suivante pour ce type de corridor : « *Le corridor de pénétration est fondé sur la construction d'une route n'affichant aucune activité de transit à l'exception des points d'entrée et de sortie* ». Pour schématiser, le parcours d'un service de transport qui relie le centre-ville à l'aéroport sans arrêt intermédiaire peut être considéré comme un corridor de pénétration. Dans la section 6.4.3.1, nous avons cherché à identifier et clarifier ce type de corridor selon une perspective basée sur la demande.

Corridor centrifuge

Ce type de corridor a pour rôle de concentrer les flux de multiples corridors « secondaires » sur un seul axe (Brisson, 2014). Comtois (2012) définit ce type de corridor comme suit : « *Le corridor centrifuge présente un ensemble de corridors, fondés sur différents modes de transport, qui émanent de et convergent vers quelques terminaux situés le long d'une ceinture axiale* ». Un exemple de ce type de corridor est un pont qui canalise les déplacements en provenance de plusieurs corridors afin de faciliter le mouvement entre les deux extrémités du pont.

Corridor chaîne

Dans une perspective collective basée uniquement sur la présence des infrastructures, Comtois (2012) définit le corridor-chaîne comme « *une séquence de corridors dont le terminal de sortie de l'un coïncide avec le terminal d'entrée de l'autre. Les terminaux servent soit de destination finale, soit de lieux de transit le long d'un itinéraire à destinations multiples* ». Pour schématiser, un ensemble d'autoroutes liées entre elles par des échangeurs pourraient représenter un corridor-chaîne.

Dans la perspective de la demande, une chaîne de déplacements se définit comme une série de déplacements interreliés et effectués par un individu dans le but de consolider ses activités. Dans la section 9.2, nous avons cherché à clarifier le concept du corridor-chaîne selon une perspective basée sur la demande.

2.1.3.4 Corridor modal

Corridors piétonnier et cyclable

Ces deux types de corridors, consacrés aux piétons et aux vélos, desservent davantage la population active et se caractérisent par un déplacement souple et libre (Jian et al., 2005). Ils possèdent un fort impact social et véhiculent une image positive à l'égard du respect de l'environnement et de la santé « *c'est sur les pieds que les gens se rencontrent, se socialisent et observent l'environnement* (Jacobs, 1993) ».

La ville de Rimouski (Association Rimouski Ville Cyclable, 2011) définit le corridor-vélo comme « *une voie cyclable continue, composée de plusieurs segments, qui relie les grands générateurs de déplacement du territoire en favorisant les déplacements utilitaires et efficaces vers les principaux*

pôles d'activités (lieux de travail et d'enseignement, lieux publics, commerces, services, équipements majeurs) ».

Dans le milieu urbain, l'infrastructure de ces deux types de corridors est fréquemment associée aux autres types de corridors (ex. corridor routier, corridor de transport en commun).

Corridor actif (non motorisé)

Pour Transport Canada, les transports actifs (Transports Canada, 2011): *« désignent tous les modes de transport dont l'énergie est générée par l'être humain, en particulier la marche et le vélo. Ils englobent l'utilisation de moyens de déplacement comme les fauteuils roulants, et également d'autres variantes comme les patins à roues alignées, les planches à roulettes, le ski de fond et même le kayak. Les transports actifs peuvent même être combinés avec d'autres modes, comme les transports en commun ».*

Un corridor actif est un corridor où les infrastructures routières sont aménagées pour intégrer et inciter la participation de transports actifs, essentiellement la marche et le vélo, ainsi que d'autres modalités comme l'utilisation de fauteuils roulants, les scooters, etc.

Dans sa démarche vers une mobilité durable, la ville de Québec (Ville de Québec, 2012) considère le transport actif comme une étape vers une mobilité durable à laquelle elle associe les caractéristiques suivantes :

- La continuité de parcours non interrompus par des obstacles ;
- La connectivité des parcours ;
- La complémentarité avec d'autres modes de transport ;
- La sécurité des usagers ;
- La mixité des milieux de vie avec les services ;
- L'innovation de l'aménagement des quartiers en faveur des piétons et des cyclistes.

L'évolution vers un corridor actif nécessite l'intégration de l'aménagement urbain et de l'utilisation du territoire dans la planification des systèmes de transport urbain. Selon Clarke (2008), les villes qui adoptent une stratégie de transport actif pour les corridors urbains doivent devenir

multimodales: elles doivent concevoir des routes qui accueillent adéquatement la marche, le vélo et autres modes similaires, en plus des véhicules motorisés.

Contrairement à l'idée perçue par le public, un corridor actif n'est pas un corridor zéro véhicule, mais plutôt un corridor qui offre un service de transport multimodal avec une connectivité optimale. Litman (2012) remarque un niveau de marche beaucoup plus élevé dans les quartiers multimodaux que dans les quartiers véhiculaires (Automobile oriented) : la part des déplacements non-motorisés dépasse généralement 10-20% des déplacements totaux.

Les avantages des corridors actifs sont variés et les plus évocateurs sont la cohésion sociale, la santé publique et la réduction des GES. Puisque les gens marchent plus, ils utilisent moins les véhicules et favorisent davantage le transport en commun. Toutefois, ces avantages sont souvent associés à des inconvénients tels que des trajets plus longs, une circulation lente et des coûts supplémentaires reliés au développement urbain et à l'achat d'équipement individuel (Devlin, Frank, & vanLoon, 2009; Litman, 2012; Transports Canada, 2011).

Enfin, un des défis dans l'établissement de corridors actifs est l'évaluation de la performance du système de transport. Selon Litman (2012), les données collectées dans les enquêtes Origine Destination (OD) manquent souvent de précision sur les déplacements courts et non-motorisés et sur les déplacements combinés, ce qui rend difficile l'évaluation précise de l'impact des diverses politiques sur ces types de déplacement.

Corridor de transport en commun et ferroviaire

La large couverture spatiale, le profil des usagers et l'investissement requis sont parmi les points qui différencient le corridor de transport en commun et le corridor ferroviaire. Par ailleurs, la prise en considération des aspects sociaux est plus importante dans les corridors de transport en commun que dans les transports ferroviaires où ce sont les aspects économiques qui priment.

La littérature offre une image très positive de ces deux corridors qui sont considérés comme des alternatives économiques et écologiques aux voitures. Selon Newman et Kenworthy (1996), les corridors de transport en commun permettent de réduire les GES, les espaces consacrés aux véhicules et favorisent également une optimisation et une meilleure planification des infrastructures urbaines.

2.1.3.5 Corridor multimodal et intermodal

Souvent utilisés sans rigueur, la multimodalité et l'intermodalité sont des néologismes sans définition claire. Margail (1996) définit l'intermodalité comme « *une possibilité de passer d'un mode de transport à un autre* ».

Arnold (2006) définit le corridor intermodal comme « *un corridor où il y a plusieurs modes de transport qui circulent ensembles* », cette circulation impliquant un suivi et une coordination importante de différents modes de transport.

Certains auteurs (Arnold, 2006; L'Hostis & Conesa, 2010) indiquent que le corridor multimodal offre en parallèle plusieurs sortes de chaînes de transport, qu'elles soient monomodales ou intermodales.

Margail (1996) indique que l'intermodalité apparaît comme « *une problématique référée aux usagers des transports, alors que la multimodalité représente un problème ou une opportunité pour le voyageur qui pourrait déboucher sur l'interopérabilité* ».

2.1.3.6 Corridor de transport intégré

Selon Yang et al. (2010), le corridor de transport intégré (ITC) a pour rôle principal de consolider différents modes de transport sur un corridor, à travers la mise en place de mesures de gestion optimales du trafic et de stratégies d'optimisation de l'utilisation des infrastructures de transport.

Dans la littérature concernant les corridors intégrés (Debie & Comtois, 2010; Hall, Miller, & Khattak, 1996), deux concepts de gestion optimale de la multimodalité sont exposés :

- **Corridor intégré – intelligent (smart corridor)** : le terme intelligent est utilisé suite à la mise en place de technologies avancées permettant de collecter et de traiter les données des corridors. Ce concept s'intéresse à l'optimisation de la circulation par le biais de mesures de contrôle, de communication et de gestion afin d'augmenter la capacité et d'assurer la sécurité sur le corridor. Un exemple est le *Los Angeles Smart Corridor* (Clelland, 1993).
- **Corridor d'infrastructure intégrée** : à travers la consolidation des mouvements des modes de transport qui circulent dans le même corridor, ce concept cherche à optimiser les infrastructures de transport. Un exemple est le *Nova Scotia Integrated Transportation Corridor* (Hall et al., 1996).

Les avantages des corridors intégrés sont variés, en ce sens où une gestion optimale permet d'équilibrer le trafic et de minimiser les retards et le temps des déplacements, ce qui mène à une consommation optimale des carburants et à une utilisation efficace des infrastructures. Le Guide de l'implantation du management intégré de corridor (IMC) (Gonzalez, Hardesty, Hatcher, Mercer, & Waisley, 2012) formule qu'une gestion intégrée offre la possibilité d'optimiser et d'améliorer de manière proactive la performance du système de transport en devenant une alternative efficace à des solutions qui sont limitées par des enjeux environnementaux ou qui nécessitent des investissements majeurs comportant des infrastructures dispendieuses.

Enfin, les corridors intégrés peuvent être considérés comme une évolution du concept multimodal qui profitent de l'avancement des moyens de gestion de la multimodalité.

2.1.3.7 Corridor vert

Le mouvement *Green* ou *Vert* en transport a commencé à la suite du succès du concept dans les bâtiments (*Green Building*) (Oswald, Michelle R. & McNeil, 2010). Ce type de corridor, souvent associé au transport des marchandises, adopte un système de notation afin de classer les corridors et définit ensuite les mesures permettant d'offrir des services de transport respectueux de l'environnement (Zacharioudakis & Mpaliame, 2012).

En Europe le concept est présenté par la Commission des Communautés Européennes CCE (Comité économique et social européen, 2007) comme : « *un concept de transport intégré où le transport maritime à courte distance, le rail, les voies de navigation intérieure et la route se complètent pour permettre le choix d'un transport respectueux de l'environnement* ». Le but de ce concept est d'adopter des stratégies d'atténuation des GES et des polluants dans l'air tout en augmentant la sécurité et l'efficacité du corridor. Au cœur de cette stratégie, on retrouve l'utilisation des équipements, matériaux et carburants les moins polluants (Comité économique et social européen, 2007; Kyster-Hansen, Thisgaard, Henriques, & Niss, 2011; Zacharioudakis & Mpaliame, 2012).

Le projet SuperGreen (Zacharioudakis & Mpaliame, 2012) lancé par l'Union européenne en 2010 présente un exemple de corridor vert. L'implantation du concept est suivie par des indicateurs de performance (KPI) qui cherchent à mesurer les impacts des stratégies appliquées (ex. émissions (g/ton-km), temps de transport, pourcentage de livraisons effectuées dans les délais, coûts de transport, bruit, congestion, taux d'accidents, etc.).

À la différence des corridors intégrés, la diminution des impacts négatifs du transport sur l'environnement est l'objectif ultime de la mise en place de mesures innovatrices dans les corridors verts. Dans les corridors intégrés, cette diminution est plutôt le résultat indirect de l'optimisation de la circulation.

2.1.3.8 Corridor propre

Dans le même esprit que le corridor vert, le concept de corridor propre apparu aux États-Unis repose sur un projet de loi (S. 12640) présenté en 2013 pour promouvoir l'utilisation des véhicules propres. Malgré le rejet du projet, une version modifiée (S.1581) est actuellement à l'étude ("Clean Vehicle Corridors Act," 2015).

Les objectifs du projet S.1581 sont principalement économiques, politiques et environnementaux. Par le développement de corridors propres, le projet vise à stimuler les investissements dans le transport et les technologies propres, à réduire la dépendance à l'énergie étrangère et à diminuer la pollution.

D'autres initiatives existent dans le monde pour promouvoir l'utilisation des véhicules propres. Par exemple, la France a adopté en 2015 une loi (2015-992) relative à la transition énergétique pour la croissance verte qui a pour objectif de promouvoir l'utilisation des véhicules à faibles émissions. La particularité du projet (S.1581) par rapport à d'autres initiatives est l'identification des zones (corridors) de développement pour promouvoir l'utilisation de véhicules propres en fonction de la présence d'activités de transport importantes.

2.1.3.9 Corridor agréable

Le guide sur l'identification et la planification des corridors agréables² (*Livable corridors*) (Christopher E. Ferrell et al., 2016) formule que *le corridor agréable offre aux utilisateurs un bon accès aux différentes opportunités dans le but d'améliorer la qualité de vie.*

² Le mot « livability » est traduit en français par agréabilité, vitalité, habitabilité, etc.

Le guide associe étroitement la planification de ce type de corridor au renforcement des transports actifs et des transports en commun, à l'amélioration de la sécurité des utilisateurs et à l'intégration des principes concernant l'équité sociale et économique.

Le concept du corridor agréable apparaît comme une fusion entre le principe de l'équité, le corridor actif et le corridor de transport en commun.

2.1.3.10 Corridor durable

La durabilité est une question dépendant du contexte et de l'acteur qui l'étudie (Sioui, 2014). Le Centre pour un Transport Durable (CTD) (CTD, 2002) définit le système de transport durable comme un système qui :

- « Permet aux individus et aux sociétés de satisfaire leurs principaux besoins d'accès d'une manière sécuritaire et compatible avec la santé des humains et des écosystèmes avec équité entre les générations »
- « Offre un service avec un coût raisonnable, qui fonctionne efficacement, qui offre un choix de moyens de transport et qui appuie une économie dynamique. »
- « Qui limite les émissions et les déchets de manière à ce que ceux-ci ne dépassent pas la capacité que possède la planète de les absorber, minimise la consommation des ressources non renouvelables, limite la consommation des ressources renouvelables dans le respect des principes de développement durable ; réutilise et recycle ses composantes et minimise l'usage des terres et le bruit ».

Le projet *Orange Line Sustainable Corridor* (METRO, 2012) présente un des rares projets qui se réclame « durable ». Il a pour objectif de transformer un corridor BRT en corridor durable en mettant en place des actions rendant le corridor efficace au niveau du transport, sécuritaire, amusant, facile à utiliser et accessible. Dans ce cadre, plusieurs mesures adoptées touchent l'aménagement urbain et l'offre de transport telles que :

- Améliorer la connectivité entre les points générateurs d'activités ;
- Améliorer la fréquence du service ;
- Mettre en place des politiques d'aménagement « durable » et créer une identité distincte dans la zone de corridor ;

- Améliorer et faciliter les déplacements piétons et à vélo ;
- Améliorer et organiser des activités sociales.

2.1.3.11 Typologie générale

Le corridor durable apparaît dans la littérature comme étant un des objectifs de tous les précédents types de corridors. En rajoutant des dimensions sociales, environnementales et économiques, le corridor devient « durable ».

Le Tableau 2.3 présente une synthèse des principaux critères couverts par les corridors intégrés, actifs et verts, un corridor durable pouvant ainsi être vu comme un corridor couvrant et s'intéressant à l'ensemble de ces éléments.

Enfin, la Figure 2.5 donne un aperçu de la principale typologie apparue dans la littérature.

Tableau 2.3: Principaux critères couverts directement par les corridors intégrés, actifs et verts

Critères	Corridor intégré	Corridor actif	Corridor vert
Mobilité des personnes	-	X	-
Transport des marchandises	X	-	X
Mode de transport motorisé	X	X	X
Mode de transport collectif	X	X	
Mode non-motorisé	-	X	-
Technologies de l'information et de communication avancées	X	-	X
Matériaux de construction et équipements moins polluants	-	-	X
Carburants verts	-	-	X
Santé physique	-	X	-
Sécurité routière	X	X	X
Qualité de l'air	-	X	X
Gaz à Effet de Serre (GES)	X	X	X
Confort visuel	-	X	-
Bénéfices sociaux	-	X	-
Bénéfices économiques	X	-	X
Accessibilité physique et confort	-	X	-
Gestion et optimisation de la circulation	X	X	X
Occupation du sol	X	X	X
Coûts des transports	X	X	X
Temps de parcours	X	-	X

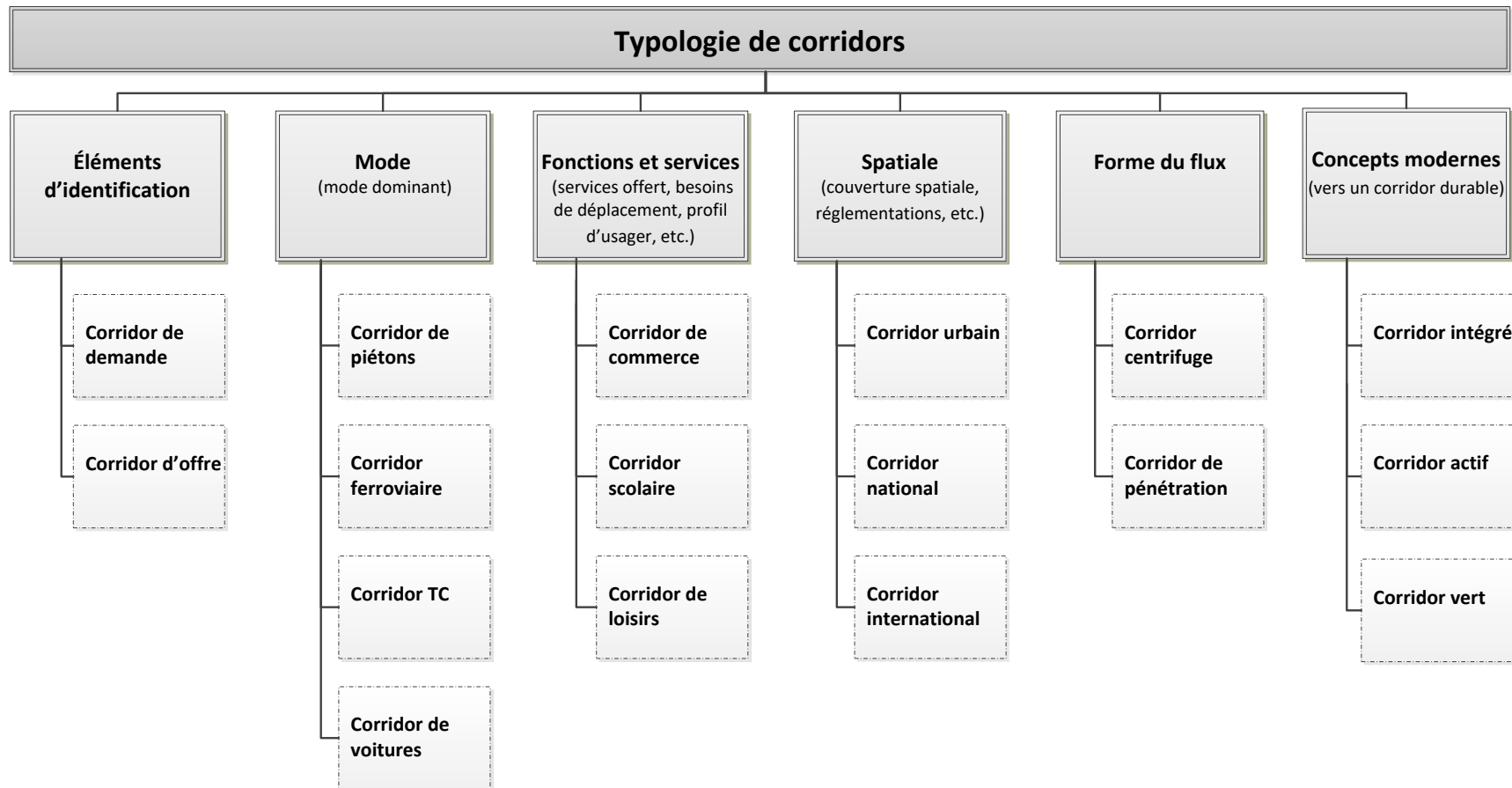


Figure 2.5: Exemples des principaux types de corridor dans la littérature

2.1.4 Rôles

La littérature présentée ci-haut illustre comment le corridor de transport détient de nombreux rôles. Malgré la domination des rôles économiques et politiques, nous pouvons distinguer, surtout dans les dernières années, les rôles environnementaux et sociaux.

La Figure 2.6 présente une synthèse des différents rôles abordés dans la littérature.

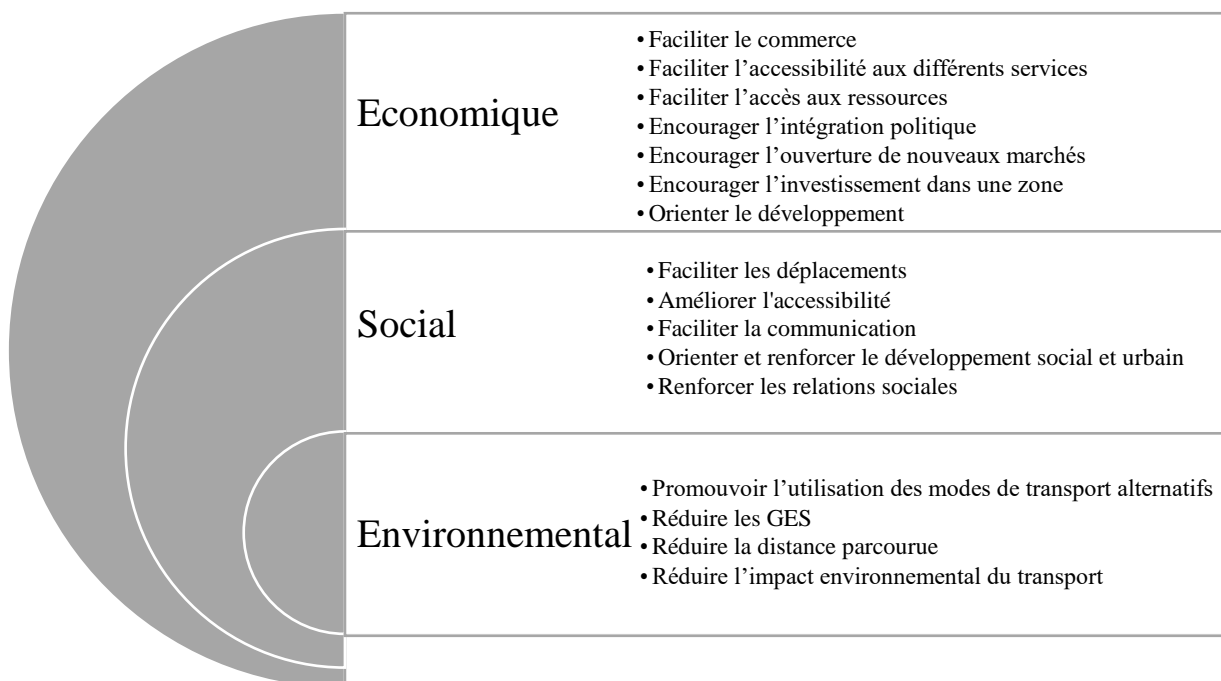


Figure 2.6: Rôles des corridors

2.2 Modélisation des corridors

Bien qu'il existe différentes approches de modélisation des corridors de transports, la littérature permet la distinction de deux approches selon les principaux éléments utilisés : l'offre et la demande. Puisque l'objectif de cette recherche est la contribution à l'identification des corridors de demande, la revue de littérature cible les approches à partir de celle-ci.

Le processus de modélisation est influencé par les données disponibles et l'approche utilisée pour traiter ces données afin d'identifier les corridors. Nous commençons par une présentation des sources de données possibles, puis nous clarifions les approches utilisées.

2.2.1 Sources de données

La demande brute est synthétisée de façon simple par les points OD et d'autres éléments sont souvent rajoutés pour enrichir cette synthèse tels que la trajectoire imaginaire ou réelle (i.e. ligne de désir, séquence de points sur le réseau).

Dans les processus d'identification des corridors, toutes les sources qui contiennent des informations sur la demande, essentiellement des données spatiales et temporelles sur l'origine et la destination, peuvent être exploitées. En voici quelques-unes :

- Enquête OD : Les enquêtes OD sont des sources de données permettant d'obtenir un portrait global de la mobilité de la population de référence. Les méthodes d'enquête varient selon les moyens utilisés pour obtenir les informations (téléphone, en personne, Internet, etc.) et les données recueillies synthétisent habituellement des informations sur les personnes (âge, genre, occupation, etc.), les ménages (localisation, taille, revenus, etc.) et les déplacements (origine, destination, heure, point d'ancrage, séquence de modes, motif, etc.).

À chaque 5 ans au Québec, une enquête OD téléphonique est réalisée dans la Grande Région de Montréal (GRM) et dans d'autres régions (aux 5 à 10 ans). Cette enquête recueille des informations détaillées sur les déplacements réalisés par un ménage un jour de semaine, les ménages sélectionnés représentant environ 5% de la population. Durant l'entrevue téléphonique, le répondant de chaque ménage donne les informations sociodémographiques et il est interrogé sur les caractéristiques de tous les déplacements effectués par chaque membre du foyer (de 5 ans et plus) le jour précédant l'entrevue. Cette enquête OD contribue depuis 1970 à une meilleure planification des systèmes, réseaux et modes de transport de la GRM. Les enquêtes OD de la GRM de 2008 et 2013 sont utilisées dans les Chapitre 4, 5, 6 et 7. Les variables traitées sont décrites en détails dans les mêmes chapitres.

En France, des enquêtes similaires sont réalisées pour recueillir les pratiques de déplacements et pour élaborer et évaluer les politiques de mobilité comme l'Enquête Ménages Déplacements à Lyon (2015).

- Enquête à bord : Ces enquêtes effectuées directement auprès de la clientèle du service TC a pour but d'observer les différents aspects du service et de son utilisation, afin de proposer

des services appropriés et d'étudier l'impact d'une modification de l'offre sur la demande. Les enquêtes à bord collectent des informations concernant le profil de la clientèle (âge, genre, lieu du domicile, etc.) ainsi que des informations concernant les déplacements, les services utilisés et le niveau de satisfaction de la clientèle (origine, destination, heure, gare d'accès, séquence de modes, motif, niveau de satisfaction, etc.).

- Téléphones mobiles : les données du système mondial des communications (GSM) offrent des informations sur la localisation des détenteurs de téléphones mobiles. À l'aide de certains traitements informatiques, il est possible de déduire quelques informations sur les déplacements. Cette source est déjà utilisée pour modéliser les déplacements et identifier les corridors (Wang et al., 2015). D'ailleurs, la littérature scientifique dans ce domaine souligne le potentiel des corridors de demande dans l'élaboration des politiques urbaines et dans l'étude des patrons de mobilité (Pucci, Manfredini, & Tagliolato, 2015).
- Localisation des véhicules : Ces données qui décrivent les déplacements proviennent des systèmes de Localisation Automatique des Véhicules (AVL) et du Système Mondial de Localisation (GPS). Elles peuvent être utilisées pour obtenir des informations détaillées et précises sur la localisation des véhicules, le réseau routier emprunté ainsi que les points de départ et d'arrivée.
- Systèmes de paiement par cartes à puce (CAP) : Ce moyen de paiement de plus en plus utilisé permet de recueillir des données concernant les déplacements effectués sur le réseau tel que le point d'embarquement et de débarquement (selon les modalités de validation des titres).
- Réseaux sociaux : les données provenant des réseaux sociaux sont une source potentielle d'identification des corridors, car elles peuvent contenir des informations permettant d'identifier la localisation.
- Applications et systèmes de réservation : l'avancement technologique et l'évolution de l'offre a rendu possible de réserver un taxi ou un autre service en connaissant au préalable le point d'origine et de destination (ex. Uber). Avec les systèmes de location de vélo ou d'autres services (ex. Bixi à Montréal, Vélo'v à Lyon), il est également possible de formuler une hypothèse sur la zone d'origine et de destination.

- Modèle de prévision : les modèles de prévision de la demande permettent de prédire la demande de déplacements (ex. modèle basé sur les activités).

D'autres sources de données peuvent être utilisées dans un deuxième temps pour enrichir ou affiner le processus d'identification des corridors comme les données territoriales, commerciales ou même celles décrivant l'offre de transport.

Il faut cependant noter qu'il est possible d'utiliser toutes les sources de données mentionnées afin d'identifier les corridors de transport, mais que l'utilisation de certaines sources soulève des questionnements au niveau éthique et au niveau de la protection de la vie privée des utilisateurs (Jutand, 2015).

Enfin, le Tableau 2.4 résume les caractéristiques des données OD issues des principales sources. Il est à noter que le niveau de précision peut varier selon les méthodes utilisées pour collecter et traiter les informations.

Tableau 2.4: Caractéristiques des données OD selon la source de collecte (enrichi et adapté de Pucci et al. (2015))

	Enquête OD	Enquête à bord	GSM	GPS	CAP
Quantité	% de la population	% de clientèle du service TC	Nombre d'utilisateurs avec téléphones portables	Nombre de véhicules avec GPS	Nombre d'utilisateurs avec carte
Type de Déplacements	Tous les déplacements	Tous les déplacements	Tous les déplacements (mode inconnu)	Déplacements motorisés (taxi, véhicule privée)	Déplacements TC
Période de référence	Une journée typique de travail	Une journée typique de service	Selon la période d'étude (ex. quotidienne)	Selon la période d'étude (ex. quotidienne)	Selon la période d'étude (ex. quotidienne)
Mise à jour	Peu fréquente (ex. 5 ans)	Peu fréquente (ex. 1 à 2 ans)	Fréquente (ex. en continue)	Fréquente (ex. en continue)	Fréquente (ex. en continue)

2.2.2 Approche de modélisation

La visualisation et le traitement des données spatio-temporelles peuvent être classés en trois catégories (Andrienko, Andrienko, Dykes, Fabrikant, & Wachowicz, 2008) : (a) la représentation directe; (B) l'agrégation; (c) l'identification automatisée des patrons.

2.2.2.1 Représentation directe

L'approche directe consiste à représenter directement, sans traitement préalable ou avec peu de traitement, les éléments de la demande.

La représentation des déplacements par des points d'origine et de destination est une façon simple de présenter les déplacements. La connexion des points OD par des lignes directes (lignes de désir) permet de faciliter la compréhension des mouvements. Ceci est considéré comme étant la représentation la plus simple de la mobilité brute.

Par ailleurs, il est possible d'intégrer des éléments extérieurs à la demande (ex. points de jonction/passage). La Figure 2.7 clarifie l'approche de la représentation directe par un exemple simple de trois paires OD.

D'autres représentations sont possibles, mais cette approche est mieux adaptée pour présenter un nombre limité de données.

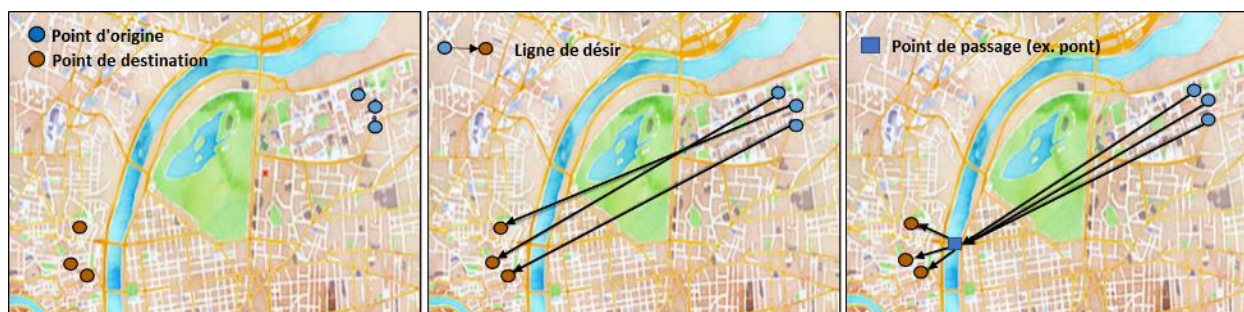


Figure 2.7: Illustration d'un exemple simple d'approche de représentation directe

2.2.2.2 Agrégation

L'agrégation consiste à regrouper les données en fonction de leur unité d'affiliation commune (spatiale, temporelle, etc.). Plusieurs chercheurs utilisent cette approche pour représenter le flux de mouvement ou de migration selon plusieurs échelles spatiales (internationale, nationale, urbaine).

L'agrégation zonale est une approche largement utilisée qui représente le flux (ex. origine-destination) entre des unités préalablement délimitées (zones administratives, cellules de la grille, etc.). Bien que le flux entre les différentes unités offre un portrait global du mouvement, il souffre d'une variabilité de précision engendrée par la variance des unités préalablement délimitées (Adrienko & Adrienko, 2011; Nielsen & Hovgesen, 2008).

Certains chercheurs (Bahoken & Olteanu-Raimond, 2013; Mota, Takano, & Taco, 2014; Murray, 2010) proposent de contourner l'inconvénient des unités pré-délimitées en proposant des concepts de délimitation « flexibles » (post-délimités). Ces approches utilisent des variables telles que la densité ou les similitudes entre les composants pour délimiter les unités en premier lieu, puis représenter le flux entre les unités. La technique des polygones de Voronoï en est un exemple.

La Figure 2.8 illustre le résultat de l'identification des corridors d'un même ensemble de données en utilisant une approche d'agrégation selon des zones administratives et selon les cellules d'une grille.

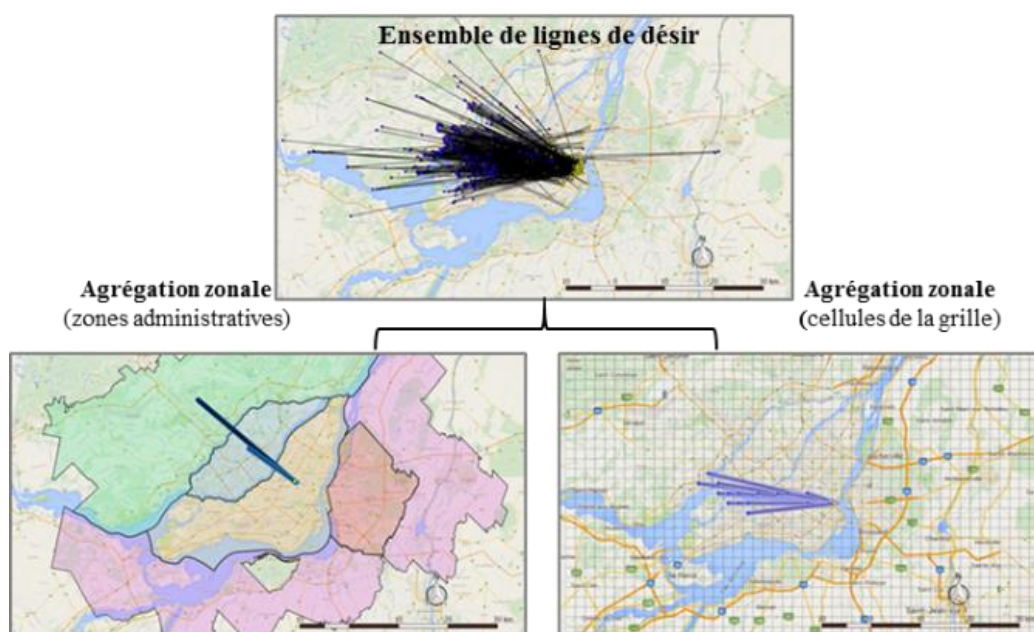


Figure 2.8: Exemple d'identification de corridors avec deux approches d'agrégation zonale

2.2.2.3 Identification automatisée des patrons

Cette approche, perçue comme une évolution de l'approche précédente, profite de l'avancement des techniques statistiques et de fouilles de données (Groupement /Clustering) pour identifier des patrons dans un grand ensemble de données.

Plusieurs techniques sont utilisées dans cette approche pour identifier les corridors : elles sont classées soit selon la famille du groupement (hiérarchique, partitionnement, densité, etc.), soit selon la façon de déterminer la similarité entre les déplacements (segmentation puis groupement, groupement intégral).

Le Flow Map (Phan, 2005; Phan, Xiao, Yeh, & Hanrahan, 2005) est un outil permettant d'identifier les corridors intermodaux (mouvement des objets d'un nœud à un autre). Il utilise une approche de groupement hiérarchique afin de produire une représentation simplifiée des flux de mouvements.

Rao, Zhang et Guan (2011) utilisent un ensemble de données spatialement agrégées pour identifier les corridors de transport urbain en utilisant un algorithme de regroupement par partitionnement appelé k-moyen. Les mêmes chercheurs soulignent le potentiel des corridors identifiés dans les processus de planification de transport ainsi que pour soutenir la visualisation et contribuer à une meilleure compréhension des déplacements.

En utilisant le concept de similarité, deux visions distinctes sont appliquées pour identifier les corridors :

- La première vision consiste à traiter le déplacement comme un objet dans son intégralité (déplacement en entier), puis à chercher les autres objets qui partagent les mêmes caractéristiques afin de les regrouper et d'identifier les corridors ;
- La deuxième vision consiste à segmenter les déplacements en portions (égales ou non) afin de regrouper les portions jugées similaires pour identifier les corridors.

Dans la première vision, nous pouvons distinguer l'algorithme Longest Common Subsequences (LCSS) proposé par Chen, Özsu et Oria (2005). Celui-ci score la similarité entre deux trajectoires à l'aide d'une équation de distance et d'un seuil de distance prédéfini (mesures de ressemblance /similarité). L'identification des corridors peut être faite *a posteriori* en rassemblant les trajectoires similaires, autrement dit, ayant un score de similarité acceptable. Cet algorithme est plus adapté pour mesurer la similarité entre les trajectoires incluant plusieurs détours qu'entre des objets de type ligne (ligne de désir).

Dans la deuxième vision, l'algorithme Trajectory Clustering ou TraClus (Lee, J.-G., Han, & Whang, 2007) permet de diviser les trajectoires en segments, puis d'évaluer la similarité entre ceux-ci afin d'identifier les corridors. L'approche de cet algorithme présente l'avantage d'être mieux

adaptée aux lignes de désir que l'algorithme LCSS. Nous allons donc donner plus de détails sur TraClus dans la section suivante.

Chaque méthode de regroupement comporte des avantages et des inconvénients. Selon Ester, Kriegel, Sander et Xu (1996) le regroupement présente des avantages quand une tendance générale doit être déterminée à partir d'un grand nombre des données, mais l'inconvénient majeur est au niveau du paramétrage, de la vérification et de la validation des résultats.

2.2.2.4 Groupement des trajectoires (TraClus)

La méthode de regroupement TraClus est utilisée pour regrouper des mouvements libres et orientés selon des axes (immigration et déplacement des animaux, trajectoires des cyclones). Les caractéristiques de ces mouvements semblent similaires à celles des lignes de désir et c'est pour cette raison que nous choisissons de présenter les grandes étapes de la méthode.

Deux étapes illustrées à la Figure 2.9 sont nécessaires pour identifier les corridors :

- Étape de partitionnement qui consiste à identifier les points où une trajectoire change d'orientation. Cette identification permet par la suite de déterminer les points de segmentation afin de décomposer une trajectoire en petits segments.
- Étape de regroupement qui consiste à mesurer la similarité (ϵ) entre les segments de différentes trajectoires afin d'identifier les segments similaires, puis d'élaborer les corridors si un nombre minimum de segments (MinLns) est présent.

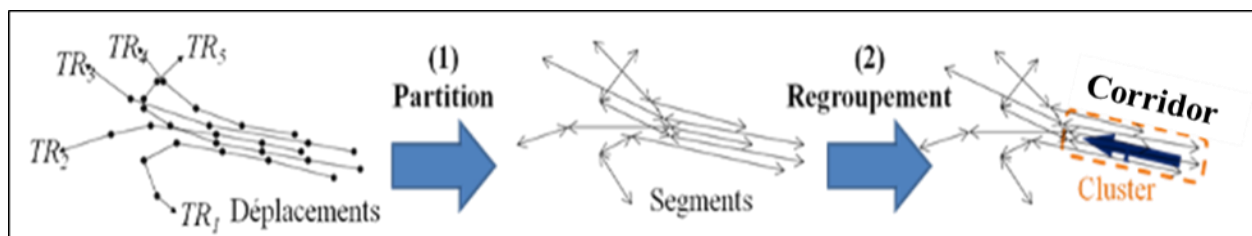


Figure 2.9: Étapes du regroupement de TraClus (Lee, J.-G. et al., 2007)

TraClus mesure la similarité (ϵ) entre les segments selon une équation qui regroupe plusieurs distances (illustrées à la Figure 2.10) et qui est calculée selon la formule suivante :

$$dist(L_i, L_j) = w_{\perp} d_{\perp} + w_{\parallel} d_{\parallel} + w_{\theta} d_{\theta}$$

Où :

- d_{\perp} : distance perpendiculaire entre les segments L_i, L_j , calculée selon l'équation :

$$d_{\perp} = \frac{l_{\perp 1}^2 + l_{\perp 2}^2}{l_{\perp 1} + l_{\perp 2}};$$

- d_{\parallel} : distance parallèle entre les segments L_i, L_j , calculée selon l'équation :

$$d_{\parallel} = \text{Min}(l_{\parallel 1}, l_{\parallel 2});$$

- d_{θ} : distance angulaire entre les segments L_i, L_j , calculée selon l'équation

$$d_{\theta} = \|L_j\| \times \sin(\theta)$$

- w : poids associés aux différentes distances

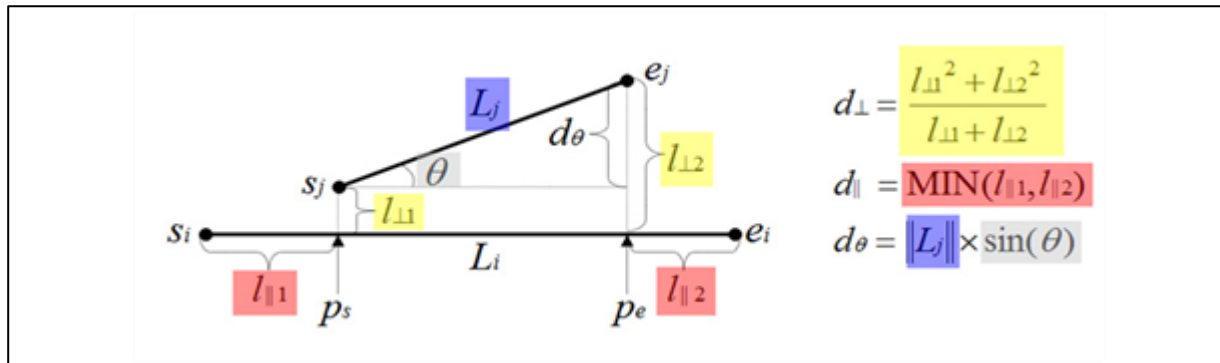


Figure 2.10: Distances de similarité

L'applicabilité, les avantages et les limitations de TraClus pour identifier les corridors à partir des lignes de désir sont présentés en détail dans les Chapitres 4 et 5.

2.3 La durabilité des corridors de transport

Depuis le rapport Brundtland de 1987, les enjeux de durabilité sont largement discutés dans la littérature et cette notion génère à elle seule des centaines de définitions et de visions diversifiées. Dans le secteur du transport, un consensus semble exister quant à la nécessité d'intégrer les trois piliers du développement durable (écologique, social, économique) aux projets de transport. Ainsi, de nouveaux termes sont apparus tels que : transport durable, mobilité durable, corridor durable, corridor vivable ou agréable, etc.

Pucci (2016) stipule que les préoccupations institutionnelles de réduction de la congestion et de diminution du temps des trajets ont été progressivement étendues vers l'offre de services fiables minimisant les impacts sur l'environnement et améliorant le niveau d'accessibilité et d'équité. Ainsi, la compréhension et l'étude des patrons de la mobilité deviennent des éléments vitaux dans la formulation des politiques et dans la conception des offres de transport.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en lumière les principaux cadres conceptuels utilisés pour faire un diagnostic du niveau de durabilité des corridors de transport : les indicateurs, l'analyse du cycle de vie et les cadres de notation.

2.3.1 Indicateurs

Les indicateurs et les indices³ offrent un moyen pour réduire la quantité d'informations afin de faciliter l'analyse des données. Dans le contexte des transports durables, les indicateurs mesurent la performance d'un système (qualitative ou quantitative) et fournissent une idée quant aux impacts entourant une décision. Ainsi, ils présentent le cœur de presque toutes les approches d'évaluation du niveau de durabilité.

Plusieurs auteurs proposent des listes non exhaustives d'indicateurs pour évaluer le niveau de durabilité des projets de transport. Dans ces listes, certains indicateurs évaluent la structure et les caractéristiques spatiales du réseau (Frappier, 2015; Lin & Ban, 2013; Raveau, Muñoz, & de Grange, 2011; Rodrigue et al., 2009), d'autres reflètent davantage les perspectives des utilisateurs ou s'intéressent à la performance du système (Hartgen, Chadwick, & Fields, 2008; Litman, 2009)

³ Les indices sont des indicateurs complexes (Rodrigue et al., 2009).

alors que d'autres (Sioui, 2014) renvoient à la dimension topologique du réseau (individuelle, corridor, territoire, etc.).

2.3.1.1 Indicateurs de durabilité

Dans cette section, nous présentons des exemples des principaux indicateurs proposés et utilisés dans la littérature afin d'évaluer la durabilité d'un corridor.

2.3.1.2 Évaluation de la structure et des caractéristiques spatiales

L'évaluation de la structure spatiale (forme) du réseau donne un indice sur l'efficacité de l'offre, permettant ainsi de mieux comprendre le choix de l'itinéraire et du mode (Deng, Li, Lu, & Yuan, 2013; Lin & Ban, 2013). Selon Viggiano, Koutsopoulos, Wilson et Attanucci (2015) les indicateurs de la forme issus de l'étude de la demande (données OD) reflètent mieux l'attractivité de l'offre, parfois appelée « expérience de déplacement », que ceux réalisée à l'aide des attributs opérationnels.

Voici quelques-uns des indicateurs :

- **Tortuosité** : La tortuosité est définie comme étant le rapport entre la distance réelle parcourue et la distance à vol d'oiseau (longueur de la ligne de désir). Cet indicateur reflète la distance supplémentaire parcourue par rapport à une unité de référence et permet d'évaluer la forme du réseau selon une perspective individuelle (Jiang, Zegras, & Mehndiratta, 2012). L'indicateur de la tortuosité, clarifié sur la Figure 2.11, est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Tortuosité} = \frac{\text{Distance parcourue sur le réseau}}{\text{Distance à vol d'oiseau}}$$

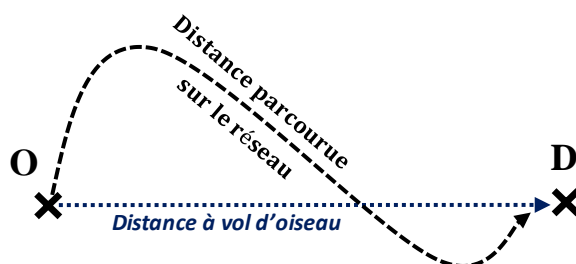


Figure 2.11: Composants de la tortuosité

- **Indice de détour** : Cet indice évalue le réseau au niveau collectif. Il est défini comme étant le rapport entre les distances à vol d'oiseau entre les principaux nœuds du réseau (ex. nœuds de transfert modal) et la distance réelle du réseau. La valeur de cet indice varie entre 0 et 100% ce qui permet d'évaluer le niveau d'efficacité d'un réseau pour surmonter la distance (Rodrigue et al., 2009). Au niveau individuel et en absence de nœuds de transfert, la valeur de l'indice de détour est l'inverse de la valeur de l'indicateur de la tortuosité.
- **Hauteur maximum (H_{\max})** : Cet indicateur est défini comme étant la distance perpendiculaire la plus grande entre la distance parcourue et la ligne de désir. Il exprime l'éloignement subi par un usager en utilisant le réseau par rapport une unité de référence (Frappier, 2015).

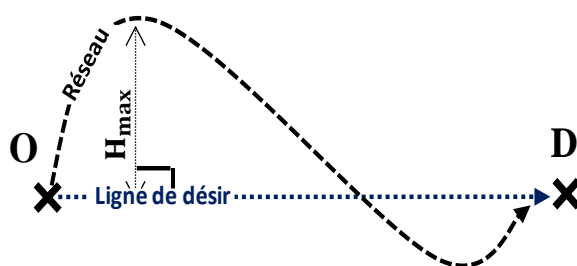


Figure 2.12: Conceptualisation de la H_{\max}

- **Indice P_i** : Cet indice mesure la relation entre le réseau dans son ensemble et un bord spécifique du réseau (souvent le bord le plus éloigné). Il est défini comme étant le rapport entre le diamètre du réseau (axe vertical) et la longueur du réseau (axe horizontal). Selon Rodrigue et al. (2009), un faible indice P_i indique un réseau peu développé (corridors isolés) et une valeur plus élevée de l'indice P_i indique un réseau mieux connecté. Au niveau individuel, l'indice P_i est équivalent de l'indicateur H_{\max} .
- **Coût angulaire** : Cet indicateur évalue la directitude⁴ (*directness*) entre l'itinéraire utilisé et une unité de référence représentée par la ligne de désir. Le résultat de cette évaluation permet de mieux comprendre l'impact du changement de la direction sur le

⁴ terme proposé par Frappier (2015).

comportement des usagers lors du choix d'itinéraire (Frappier, 2015; Raveau et al., 2011). L'équation clarifiée sur la Figure 2.13 est la suivante :

$$\text{Coût angulaire} = \sum_{n=1}^r d_n \times \sin\left(\frac{\theta_n}{2}\right)$$

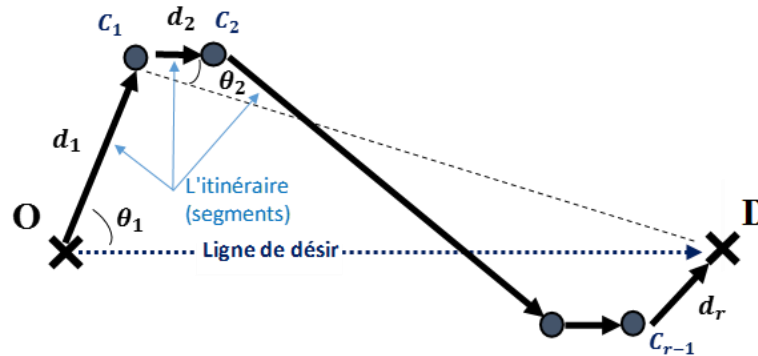


Figure 2.13: Concept du coût angulaire

Où : r représente le nombre des segments de l'itinéraire, d_r est la distance directe entre le premier et le dernier arrêt de chaque segment, θ_r est l'angle entre chaque segment et la ligne de désir.

Les indicateurs de la forme jouent un rôle important dans la modélisation du choix d'itinéraire ainsi que dans l'évaluation de la qualité de l'offre (Frappier, Morency, & Trépanier, 2015). Au niveau individuel, la forme est souvent évaluée à l'aide d'une unité de référence (ex. ligne de désir) ; au niveau collectif, les indicateurs sont plus orientés vers l'évaluation de la vulnérabilité ou de la robustesse du réseau (exemple : Connectivité).

D'ailleurs, plusieurs chercheurs (Deng et al., 2013; Viggiano et al., 2015) soulignent le besoin de développer une approche pratique d'évaluation de la structure de l'offre au niveau collectif.

2.3.1.3 Évaluation des coûts d'utilisation

Le coût du déplacement peut être évalué au niveau monétaire, au niveau du temps consommé, de la distance parcourue ou autres. Plusieurs indices du coût sont utilisés dans la littérature comme le coût moyen des déplacements par passager-km effectué dans une unité spatiale (ville, corridor). De plus, les caractéristiques socioéconomiques des utilisateurs peuvent être incorporés aux indices des coûts (ex. coût moyen du déplacement relatif au revenu) (Litman, 2015).

2.3.1.4 Évaluation de l'accessibilité

Plusieurs équations sont proposées dans la littérature pour évaluer le niveau d'accessibilité pour une unité spatiale (ex. corridor de transport en commun). L'indice peut incorporer la dimension spatiale du corridor, l'intensité du service, la dimension temporelle, les caractéristiques socioéconomiques des passagers ou d'autres. Le travail de Godin (2012) discute en détail des différentes formules de cet indice.

2.3.1.5 Évaluation de la performance

Plusieurs indicateurs sont proposés dans la littérature pour évaluer la rentabilité et le bon fonctionnement de l'offre. Litman (2009, 2015) et Sioui (2014) proposent un panier d'indicateurs qui couvre plusieurs aspects opérationnels : vitesse moyenne, congestion, rentabilité, ponctualité, coûts opérationnels, coûts d'investissement, etc.

2.3.1.6 Évaluation des impacts sociaux et environnementaux

- **Indice des accidents** : Sioui (2014) définit cet indice comme étant le rapport entre le nombre d'accidents et les passagers-km totaux sur le corridor pendant une période de temps définie.
- **Potentiel de contact social** : Cet indicateur proposé par Sioui (2014) mesure la part des déplacements réalisés en compagnie d'autres personnes que celles du ménage dans un corridor; l'équation proposée est la suivante :

$$\text{Potentiel de contact social}_{\text{corridor}} = \frac{\sum_{\text{mode}} (\text{Potentiel d'interaction}_{\text{mode}} \times \text{Passagers} - \text{heure}_{\text{mode}})}{\sum \text{Passagers} - \text{heure}}$$

Où : Potentiel d'interaction = 0 pour l'auto-solo, l'automobile avec des personnes du ménage et le vélo ; $0 < \text{Potentiel d'interaction} \leq 1$ pour l'auto avec passagers autres que des personnes du ménage, marche et transport en commun.

- **Part des déplacements avec peu de nuisances** : Au niveau du corridor, cet indicateur présume que plus les déplacements sont effectués en marchant, à vélo et en transport en commun, moins le corridor est « nuisible » (Sioui, 2014); l'équation proposée est la suivante :

Part des déplacements avec peu de nuisances dans un corridor

$$= \frac{\sum(\text{Nombre de déplacements})_{\text{marche,vélo,TC}}}{\sum(\text{Nombre de déplacements})}$$

Nous suggérons l'utilisation de l'unité passagers-km ou passagers-heure en remplacement de l'unité nombre de déplacements pour mieux refléter l'impact des nuisances qui sont souvent associées au temps ou aux distances parcourues.

- **Taux de l'utilisation de l'emprise au sol :** Ce taux reflète l'efficacité de l'utilisation du sol dans un corridor. L'équation proposée par Sioui (2014) rend compte des déplacements et de la surface réelle allouée à la circulation et au stationnement selon l'équation suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Taux de l'utilisaiton de l'emprise au sol}_{\text{corridor}} \\ &= \frac{\text{Emprise des voies de circulation}}{\text{nombre de passagers}_{\text{corridor}}} + \frac{\text{Emprise des stationnements}}{\text{nombre de passagers}_{\text{corridor}}} \end{aligned}$$

- **Émissions de GES et polluants :** Plusieurs approches sont proposées pour évaluer la quantité de GES et de polluants émis au niveau d'un corridor. Certains prennent en compte la distance, la qualité des routes et les modes utilisés (Sioui, 2014), alors que d'autres modélisent le comportement des conducteurs en prenant en considération les variables géographiques et climatiques.

Plusieurs outils simples sont disponibles sur Internet pour estimer la quantité de GES émis, l'outil « *GHG Protocol Tool for Mobile Combustion* » développé par l'*Institut des Ressources Mondiales* est l'un des outils les plus simples et les plus utilisés quand une estimation sommaire est acceptable (World Resources Institute, 2015). De plus, il existe des modèles plus précis d'estimation de GES (ex. MOVES, CMEM) qui intègrent dans un seul modèle le type de véhicule et de carburant, le comportement du conducteur, les conditions météorologiques et les caractéristiques des routes (Nouri, 2016).

Liu, Luo, Qin et Li (2015) estiment la quantité d'émissions totales des GES (C_{total}) sur un corridor urbain, divisé en a sections, en utilisant l'équation suivante :

$$C_{total} = \sum_i \sum_a ((P_i \times x_{a,i} \times l_a)$$

Où : P_i est le facteur d'émission des GES du mode i (l'intensité moyenne d'émissions de CO_2 par mode en $\text{gCO}_2/\text{passager-km}$) ; $x_{a,i}$ est le nombre moyen du mode i sur la section (a) du corridor; l_a est la longueur de la section (a).

De la même façon, il est possible d'estimer l'énergie consommée et les polluants émis (directement et indirectement) par les modes de transport et par les infrastructures. Pour cela, des hypothèses opérationnelles doivent être formulées et intégrées dans une approche plus complexe telle que l'analyse de cycle de vie.

La littérature permet de constater que le même indicateur peut être mesuré différemment selon le contexte de l'étude et les données disponibles.

Dans le contexte du transport, la diversité d'acteurs et d'enjeux rend difficile l'évaluation des bénéfices des actions d'investissement et d'amélioration en utilisant uniquement un seul indicateur. Ainsi, une unité de comparaison doit être utilisée pour statuer sur les bénéfices des actions proposées (Liu et al., 2015).

Enfin, plusieurs auteurs proposent des listes d'indicateurs pour couvrir les différents enjeux de la durabilité lors de l'évaluation des projets de transport (Hartgen et al., 2008; Litman, 2015; Sioui, 2014). Le travail de Sioui (2014) sur l'opérationnalisation des indicateurs offre une description des chaînes de causalités et de la relation entre les impacts et les différentes catégories d'indicateurs.

2.3.2 Méthodologie d'analyse du cycle de vie

L'Analyse du cycle de vie (ACV) est un outil d'aide à la décision permettant de quantifier les impacts d'un objet (biens, services) et de comparer des objets ayant une fonction similaire. La norme ISO14040 (ISO, 2006) définit l'ACV comme une méthode permettant d'évaluer les impacts d'un produit, depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation, soit du berceau à la tombe. La même norme offre un cadre standard de quatre phases pour les processus d'évaluation. Ces phases se décrivent comme suit :

- Phase de définition des objectifs et du champ de l'étude : Identifier le système étudié, la fonction de l'objet, l'unité fonctionnelle (unité de quantification de la fonction et unité de comparaison) et définir les objectifs de l'étude, les enjeux et autres.

- Phase d'inventaire et d'analyse : Regrouper les étapes de collecte, de validation et de traitement des données en cohérence avec la phase précédente.
- Phase d'évaluation de l'impact : Définir, à partir des enjeux, les catégories d'impacts et leurs indicateurs et associer les résultats de traitement des données aux indicateurs déjà identifiés.
- Phase d'interprétation : Établir, à partir des éléments des trois phases précédentes, les conclusions, les points critiques (chauds), les limitations ainsi que les recommandations.

Dans le domaine du transport, l'intérêt de l'ACV est dû à son large champ d'évaluation et à sa vaste gamme d'indicateurs (santé humaine, ressources naturelles, réchauffement climatique, etc.). Les deux méthodes suivantes sont les plus utilisées dans les projets de transport :

- L'analyse de cycle de vie attributionnelle (ACV-A) dont « *le souci principal est d'établir un bilan exhaustif d'un système* » (Benoist, 2009). Elle est efficace pour comparer plusieurs produits/services qui ont les mêmes fonctions principales (ex. voiture électrique Vs voiture thermique) ;
- L'analyse de cycle de vie conséquentielle (ACV-C) dont « *le souci principal est de décrire les effets que pourra avoir un changement au sein du système étudié* » (Benoist, 2009). Elle est appropriée pour mesurer les impacts environnementaux associés à un changement ou une perturbation dans la production (ex. biocarburant Vs diesel) (Russell, Ekvall et al. 2005).

Depuis quelques années, l'ACV a commencé à prendre sa place dans les projets de transport au niveau de l'évaluation et du choix des matériaux de construction et des équipements de signalisation (Lee, J., Park, Malakorn, & So, 2013), des carburants (Farrell et al., 2006) et des véhicules (Samaras & Meisterling, 2008). Toutefois, l'intégration de l'ACV n'a accompli que de timides progrès au niveau de la planification des transports.

Par ailleurs, peu de littérature est disponible en ce qui concerne l'intégration de l'ACV à la planification et à l'évaluation des projets et des corridors de transport. Eisenstein, Chester et Pincetl (2013) se prononcent quant à la possibilité d'utiliser l'ACV lors des processus d'évaluation, de choix et de financement des projets et des corridors. Une application pratique reste cependant à développer.

Récemment, Fraser et Chester (2016) ont exploré l'intégration de l'ACV dans un *cadre intégré du développement urbain et de transport*. Les chercheurs ont évalué les impacts économiques et environnementaux du développement du réseau de transport à une échelle métropolitaine. Ainsi, ils concluent que l'investissement dans les infrastructures permanentes doit être réalisé avec une compréhension des impacts (à long terme) des infrastructures sur le comportement de mobilité, la forme urbaine et les coûts et limites opérationnels.

Enfin, les deux approches de l'ACV (ACV-A et ACV-C) ont été testées par Chester et Cano (2016) pour évaluer les impacts environnementaux d'une nouvelle ligne de transport collectif versus l'utilisation des voitures. Cette étude illustre la variation des résultats selon l'unité de comparaison choisie (gramme de CO₂ par unité de distance Vs gramme de CO₂ par passager-km) et elle se prononce quant à l'importance d'intégrer le changement de l'utilisation du sol et de pratiques de mobilité (dynamisme de mobilité) à court, moyen et long terme lors de l'évaluation des projets de transport.

En résumé, il y a beaucoup d'informations qui aident à calculer et à évaluer les impacts directs et indirects de tous les processus sur un corridor de transport. Cependant, l'intégration de ces informations dans un cadre d'évaluation globale n'est pas encore facilement traduisible dans un outil d'aide à la décision comme l'ACV.

2.3.3 Approche de notation

Cette approche doit son succès aux pratiques "vertes" en pleine expansion mondiale, surtout dans le domaine de la construction écologique (ex. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Haute Qualité Environnementale (HQE), etc.).

Le principe de notation émerge progressivement dans le domaine des transports et de l'évaluation des corridors. Depuis plusieurs années, divers cadres d'évaluation sont ainsi proposés au niveau des transports tels que Greenroads, STARS, HQE Infrastructures, SCRS, etc.

Développé par l'Université de Washington en 2007, Greenroads encadre un programme d'accréditation et de certification indépendant adapté à la conception et la construction des routes. Ce programme s'articule autour des six catégories suivantes : environnement et eau, accès et équité, déchets, activités de construction, matériaux, ainsi que ressources et technologie.

Greenroads évalue les projets en leur attribuant une note finale selon leurs performances vis-à-vis chacune des catégories (Lew, Anderson, & Muench, 2016).

STARS est une autre approche de notation similaire à Greenroads développée par le North American Sustainable Transportation Council en 2008. STARS définit sa vision du transport durable comme suit « *[It] allows the basic access needs of people to be met in a manner consistent with human and ecosystem health; is affordable, operates efficiently, offers choice of transport mode, and supports economy; limits emissions and waste, minimizes consumption of non-renewable resources, limits consumption of renewable resources, and minimizes land use* ».

STARS possède un système de notation qui comporte neuf catégories : accès et mobilité, sécurité et santé, équité, avantages économiques, rentabilité, climat et énergie, écologie et contexte communautaire.

En dernier lieu, le Système de notation durable de corridor (SCRS) proposé par Oswald, Michelle R. et McNeil (2010) repose sur une structure similaire au programme LEED, avec une adaptation pour le contexte du transport. Cette approche attribue des notes aux corridors pour évaluer leur niveau global de durabilité. Le SCRS se sert des résultats (indicateurs) des autres cadres d'évaluation comme l'ACV, l'Ecological Footprint ou autres pour alimenter son processus de notation.

Les grands enjeux traités par le SCRS sont regroupés autour de trois catégories qui examinent le projet : utilisation du sol, infrastructures et construction. De plus, une catégorie est proposée pour évaluer les compétences de l'équipe du projet (conception et innovation). Chacune de ces catégories regroupe plusieurs sous-catégories évaluées à l'aide de plusieurs indicateurs. Les résultats des indicateurs déterminent le nombre de points (crédits) qui sont attribués à chaque sous-catégorie, ce qui permet par la suite d'allouer un score final de durabilité pour le corridor.

Le Tableau 2.5 présente la hiérarchie des catégories et des sous-catégories dans le SCRS.

Tableau 2.5: Hiérarchie des catégories et des sous-catégories dans le SCRS (traduit et adapté de (Oswald, Michelle Renee, 2008; Oswald, Michelle R. & McNeil, 2010))

Utilisation du sol	Infrastructures	Construction	Conception et innovation
Diversité d'utilisation	Accès aux transports en commun	Écologie du site	Innovation et performance
Dépendance à l'automobile	Réseau piétonnier	Utilisation de matériaux recyclés	Participation d'un membre accrédité LEED
Emplacement intelligent	Réseau cyclable	Gestion des eaux pluviales	
Agriculture de conservation	Signaux intelligents	Nuisances occasionnées par les travaux de construction	
Étalement urbain	Réseau routier interconnecté	Prévention de la pollution	
Développement dense	Utilisation de matériaux naturels	Bruit	
Gestion de la demande	Plan d'intervention d'urgence	Pollution lumineuse	
Impact environnemental	Accès aux quartiers verts	Achats écologiques	
Proximité des espaces publics	Accès aux bâtiments verts	Consommation de ressources	
Accessibilité des lieux de travail / logement	Facilité d'accès aux équipements de carburants alternatifs	Fiabilité	
Accessibilité des parcs relais	Éclairage intelligent		
Développement orienté sur les transports collectifs	Plan d'intervention d'urgence		
Emprise au sol			

2.4 Synthèse et discussion

Dans cette revue de littérature, le concept de corridor ainsi que les différentes approches de modélisation et d'évaluation ont été synthétisées et discutées. Étant donné le nombre important de références associées au concept, le Tableau A.1 en Annexe A présente chronologiquement les principales définitions du corridor de transport.

Dans cette section, nous présentons d'abord un résumé critique de l'évolution du concept de corridor, puis un survol sur le diagnostic du niveau de durabilité et finalement, une synthèse des limitations de l'application de ce concept en milieu urbain.

2.4.1 Évolution du concept

La littérature déjà présentée permet de mettre en exergue les visions variées du concept de corridor ainsi que de son évolution au fil du temps.

Le concept de corridor est passé d'un simple concept délimité par des éléments physiques (ex. route) reliant deux ou plusieurs centres d'attraction à un concept spatialement étendu incluant un réseau et ses alentours. Continuant à évoluer, le corridor est devenu un objet dynamique qui étudie une zone d'influence délimitée et variée selon le flux étudié.

Les corridors suivent la tendance et adhèrent aux préoccupations des acteurs. Les corridors intermodaux et intégrés apparaissent davantage dans un discours opérationnel où les préoccupations sont orientées vers une meilleure gestion de la circulation et une optimisation de l'offre. Dans les discours politiques, les corridors modernes (verts, actifs, durables) gagnent en popularité puisqu'ils reflètent la place de plus en plus importante d'une conscience environnementale et sociale dans la société.

Selon Debie et Comtois (2010), les corridors passent de l'intermodalité au concept intégré dans la plupart des discours institutionnels : d'un concept vert, puis durable dans les discours politiques.

Les corridors sont ainsi devenus des outils politiques qui génèrent des actions sur le transport, en orientant le développement et la planification urbaine sur un axe, dans le but de favoriser les investissements, de renforcer le commerce et d'améliorer la qualité de vie (Debie & Comtois, 2010; Jian et al., 2005). Cependant, la démocratisation et l'application de ces outils dans un contexte pratique nécessitent encore une réflexion approfondie.

2.4.2 Diagnostic du niveau de durabilité

Le diagnostic du niveau de durabilité du corridor passe d'abord par l'adoption d'une vision globale de la durabilité, puis par l'identification des enjeux et des catégories d'impacts les plus pertinents.

Ensuite, l'attribution d'un ou plusieurs indicateurs aux différentes catégories de dommages / bénéfiques est effectuée (santé et bien-être, écosystème, économie, etc.). Enfin, les résultats des indicateurs sont agrégés pour déterminer le niveau de durabilité du corridor.

Cette approche d'attribution et d'agrégation est au cœur des principaux cadres d'évaluation tels que l'analyse du cycle de vie et les approches de notation.

Ainsi, il s'avère important de bien identifier les indicateurs et de porter attention aux relations de causalité existant entre les impacts afin d'éviter une amplification de ceux-ci. Sioui, Morency et Verreault (2016) proposent un outil appelé « *Octopus* » qui permet de visualiser les relations directes et indirectes entre les impacts, ce qui aide à réduire le nombre d'indicateurs nécessaires pour évaluer la durabilité.

2.4.3 Potentiels et limitations

Au cours des dernières années, plusieurs études ont été menées afin d'examiner le potentiel du concept de corridor en tant qu'unité d'étude, d'analyse et d'évaluation des opportunités d'amélioration de l'offre.

La littérature présente le corridor comme une approche prometteuse qui pourrait aider à :

- Mieux comprendre la mobilité collective ;
- Explorer le lien direct entre les déplacements et les activités économiques et sociales ;
- Identifier des pistes d'amélioration dans les services de transport pour mieux répondre à la demande (localisation de service TC, capacité des routes, fréquence du service, espacement entre les stations, etc.) ;
- Évaluer les bénéfices et les inconvénients des différents projets ;
- Établir des politiques et des stratégies favorisant les pratiques « durables ».

Malgré la variété de l'utilisation de l'approche du corridor dans la littérature et les nombreuses approches d'évaluation de la durabilité, il n'existe pas d'approche structurée, distante de l'influence directe de l'offre, qui permet de statuer à quel point l'offre répond à la demande dans un corridor.

Les lacunes concernant l'utilisation de l'approche du corridor de demande pour diagnostiquer et évaluer le niveau de la durabilité de l'offre sont résumées ci-dessous :

- L'absence d'une vision appliquée qui caractérise les corridors et qui permet de les définir et de les identifier dans un milieu complexe comme le milieu urbain ;
- L'absence d'une approche permettant de visualiser et synthétiser les données désagrégées à l'état brut ;
- L'absence d'une approche capable d'exploiter le potentiel des données désagrégées pour identifier les corridors de façon objective ;
- L'insuffisance des approches existantes de modélisation des corridors de demande dans le contexte du transport urbain ;
- L'absence d'une synthèse qui résume le potentiel des corridors dans la planification des transports ;
- L'absence d'une approche objective, distante de l'offre, qui structure le processus du diagnostic de l'offre et celui de l'évaluation de son niveau de durabilité.

Le prochain chapitre consiste à expliquer la démarche de travail, c'est-à-dire l'organisation générale de la thèse en lien avec les lacunes observées afin d'atteindre nos objectifs de recherche.

CHAPITRE 3 DÉMARCHE DE L'ENSEMBLE DU TRAVAIL

Cette thèse a pour objectif de clarifier le concept de corridor et d'exposer son potentiel dans les processus de planification des transports en milieu urbain. Elle propose également une approche appliquée à la modélisation des corridors de demande afin de diagnostiquer et d'évaluer le niveau de durabilité de l'offre.

L'absence d'une définition claire adaptée au contexte du transport urbain et l'existence de multiples limites relatives à la modélisation des corridors telles que mentionnées dans le Chapitre 2 justifient le besoin d'améliorer les processus d'identification et de modélisation. Cette intervention permettra par la suite de diagnostiquer l'offre en la confrontant avec la demande brute.

Nous allons d'abord présenter les différentes pistes d'amélioration autour desquelles la thèse s'articule.

3.1 Définition du concept de corridors de demande et illustration de son potentiel dans la visualisation et la compréhension des données OD désagrégées

Les données OD révèlent la demande brute au niveau individuel et offrent des informations pertinentes sur la structure spatiale de la mobilité. La visualisation et l'identification des flux OD permettent de mieux comprendre la demande afin de mieux planifier l'offre (Pucci, 2016).

Toutefois, l'arrivée de nouvelles techniques de collecte d'information a occasionné un grand flux de données et de nouveaux défis en ce qui a trait au traitement et à la visualisation de ces données.

Les approches de visualisation et d'agrégation spatiale telles que les *cellules de grille*, carte de flux (*flow map*) ou arbre de flux (*flow tree*) (Boyandin, Bertini, Bak, & Lalanne, 2011; Boyandin, Bertini, & Lalanne, 2010; Wood, Dykes, Slingsby, & Radburn, 2009) peuvent réduire de façon considérable la précision et la richesse des informations collectées et ce, particulièrement en contexte urbain.

Cette problématique est traitée dans notre premier article intitulé « **Encapsulating and Visualizing Disaggregated Origin-Destination Desire Lines to Identify Demand Corridors** », publié dans

la revue « Transportation Research Record » en 2014 et présenté dans le Chapitre 4 de la présente thèse.

L'article clarifie d'abord le concept de corridor de transport et propose de le percevoir comme l'enveloppe qui encapsule des trajectoires similaires de déplacements. Cette vision du corridor est illustrée par la Figure 3.1.

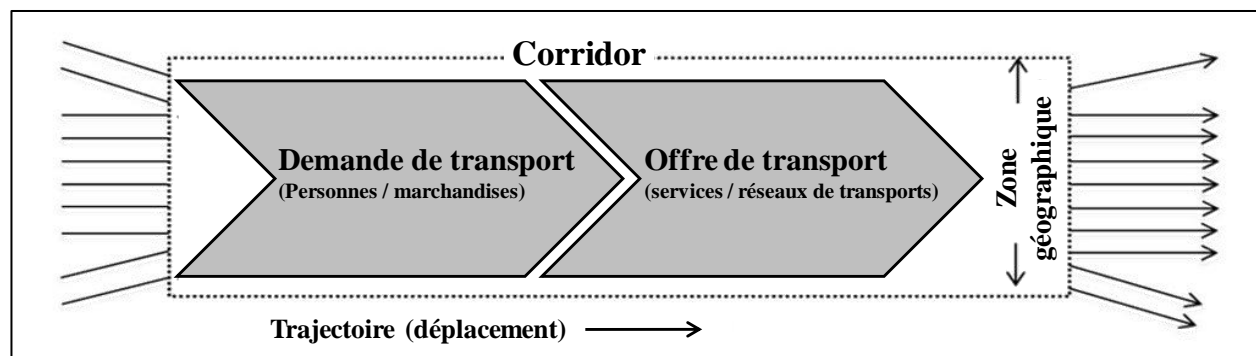


Figure 3.1: Vision de corridor de transport

Cette définition permet de distinguer deux types de corridors selon l'approche d'identification : les corridors d'offre et les corridors de demande. Les deux approches sont décrites comme suit :

- La première approche d'identification repose essentiellement sur la présence de l'offre de transport et sur certains attributs administratifs et géographiques pour identifier les corridors d'offre ;
- La deuxième approche d'identification est essentiellement basée sur la présence de la demande pour identifier les corridors (de demande). Les données OD présentent le principal et parfois l'unique composant d'identification.

La suite de l'article repose sur le concept de corridor de demande pour visualiser une matrice OD. L'approche proposée consiste à encapsuler les lignes de désir afin d'identifier les flux dominants de trajectoires, appelés corridors de demande.

Notre approche a été testée de façon empirique à l'aide d'un ensemble de données de l'enquête OD 2008 et en utilisant l'algorithme TraClus. Le choix de cet algorithme, conçu à la base pour identifier les trajectoires des cyclones, est basé sur la « ressemblance » entre les trajectoires des cyclones et les lignes de désir.

Cette méthode de modélisation est prometteuse, car TraClus permet de synthétiser de manière simple et compréhensible les flux individuels bruts de déplacements en corridor. La visualisation

des corridors permet ainsi de mieux comprendre la mobilité et d'identifier les axes potentiels de développement.

Pour aller plus loin, l'identification des corridors a été bonifiée par des attributs socio-économiques et temporels, ce qui a permis d'illustrer la possibilité d'identifier les axes spécifiques à certains types d'usage et d'usagers (ex. hommes, femmes, travail) et d'observer le changement de la demande durant différentes périodes de la journée (ex. période de pointe, période hors pointe). L'identification de ces corridors permet de proposer des services ciblés pouvant favoriser des comportements plus durables tels que le covoiturage sur certains axes, ou de proposer des services de transport en commun adaptés à certains segments de la population et ce, durant certaines plages horaires.

La partie empirique démontre que la sélection de l'outil d'identification est une étape primordiale dans notre approche. L'algorithme TraClus semble être un outil prometteur, mais il doit être ajusté pour être appliqué à l'identification des corridors de transport. Le défi le plus important est lié aux paramètres qui ne sont pas les plus appropriés dans un contexte de transport. Les équations utilisées combinent plusieurs distances et rendent l'utilisation directe difficile dans la planification des transports.

Les limitations citées ci-haut nous ont encouragés à concevoir un nouvel algorithme pour mieux répondre aux particularités du domaine des transports.

3.2 Développement d'un modèle d'identification des corridors de demande et proposition d'un indicateur pour diagnostiquer le réseau

Idéalement, pour parcourir la plus courte distance, les réseaux de transport devraient suivre la demande de transport sous sa forme brute, laquelle est représentée par les lignes de désir. Pour passer de l'échelle individuelle à l'échelle collective, les lignes de désir doivent être encapsulées dans des corridors. Les méthodes utilisées actuellement pour modéliser les corridors de demande peuvent être optimisées pour mieux servir la planification des transports et c'est la raison pour laquelle un algorithme d'identification approprié doit être conçu.

Cette problématique est traitée dans le Chapitre 5, lequel propose des pistes de solution sous la forme d'un article intitulé « **Travel Demand Corridors : Modelling Approach and Relevance in the Planning Process** » publié dans la revue « Journal of Transport Geography » en 2017. L'article est par ailleurs une version élaborée d'un autre l'article qui a déjà fait l'objet d'une communication, examinée en comité de lecture, au congrès annuel du Transportation Research Board (TRB) sous le nom de « **TraClus-DL : A Desire line clustering framework to identify demand corridors** » présenté en Annexe B.

Le chapitre 5 s'intéresse d'abord aux principales caractéristiques d'un corridor de demande en proposant des lignes directrices qui permettent de clarifier les processus d'identification. Notre perception du corridor en tant que zone dynamique et linéaire qui enveloppe une densité élevée de déplacements a permis de structurer le processus d'identification afin de concevoir l'algorithme TraClus-DL, acronyme pour Trajectory Clustering for Desire Line⁵.

TraClus-DL est un algorithme de regroupement par densité permettant d'identifier les corridors de demande à partir des données OD désagrégées (lignes de désir). L'application de cet algorithme nécessite l'utilisation de quatre paramètres intuitifs et adaptés au contexte du transport (largeur initiale du corridor, concentration minimale de trajectoires, angle maximum entre les trajectoires, longueur de segmentation).

La structure du TraClus-DL est inspirée de la structure d'un autre algorithme (TraClus) ; ceux-ci présentent toutefois les principales différences suivantes :

- TraClus-DL segmente toutes les lignes de désir en segments égaux pour simplifier l'identification des portions similaires. Il intègre directement le poids de chaque déplacement (facteur de pondération) dans les calculs, ce qui permet d'alléger et d'accélérer le processus de traitement ;
- Les intrants de TraClus-DL sont plus adaptés au contexte du transport. Les quatre paramètres, illustrés par la Figure 3.2, sont :
 - *Max_distance* : largeur initiale « flexible » de la zone d'influence (en mètres) ;

⁵ TraClus-DL est disponible sur GitHub : https://github.com/kinanb/traclus_dl

- *Min_weight* : nombre minimum de déplacements requis pour identifier et former un corridor (en nombre) ;
- *Max_angle* : angle maximum permis entre les lignes de désir pour assurer une similarité de direction entre les déplacements (en degré) ;
- *Segment_length* : longueur de coupe ou de segmentation des lignes (en mètres).

Il est important de mentionner que le caractère « flexible » de la largeur initiale permet d'élargir le rayon de recherche initial pour regrouper les déplacements similaires qui existent à proximité des limites ; ce caractère donne à l'algorithme sa caractéristique déterministe. Des informations plus détaillées sur les caractéristiques des intrants sont présentées en section 5.4.

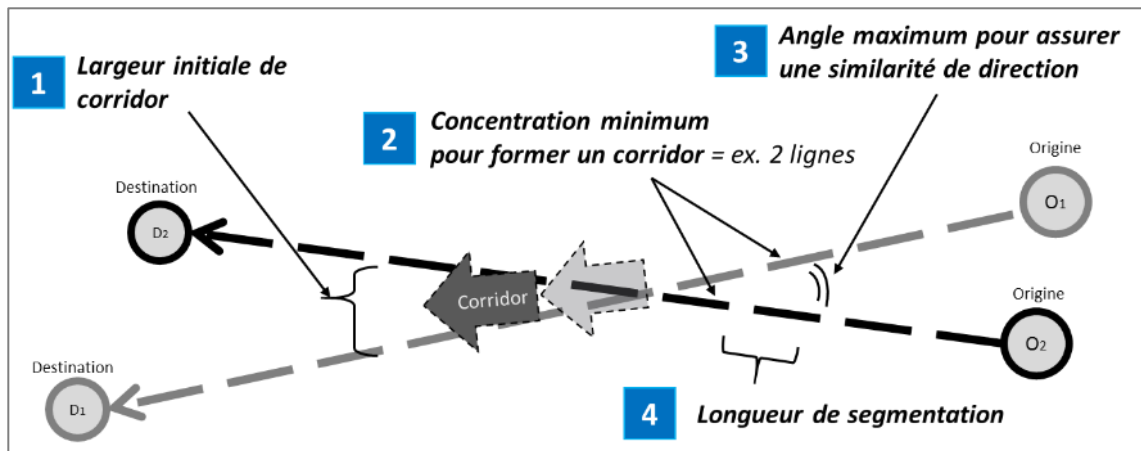


Figure 3.2: Illustration simplifiée des intrants de TraClus-DL

- Les extrants de TraClus-DL sont des petits corridors. Chaque corridor est relié à ses données sources, ce qui permet de caractériser les corridors et d'effectuer une analyse approfondie et détaillée au niveau de chaque corridor.
- La formation d'un long corridor continu (lissage ou « smoothing ») à partir des petits corridors ne fait délibérément pas partie de l'algorithme TraClus-DL. Nous constatons que le lissage pourrait déformer les résultats finaux lorsqu'un nombre important de corridors est présent dans une petite zone. Cependant, nous avons utilisé dans l'étude de cas un algorithme de lissage post-traitement pour relier les petits corridors consécutifs et nous avons validé les résultats manuellement.

Le fonctionnement de TraClus-DL est clarifié à la Figure 3.3. Ce fonctionnement peut être résumé (avec simplification) par les trois étapes suivantes :

- 1- La segmentation des lignes de désir ;
- 2- L'identification des segments similaires ;
- 3- L'identification des corridors à partir des segments similaires.

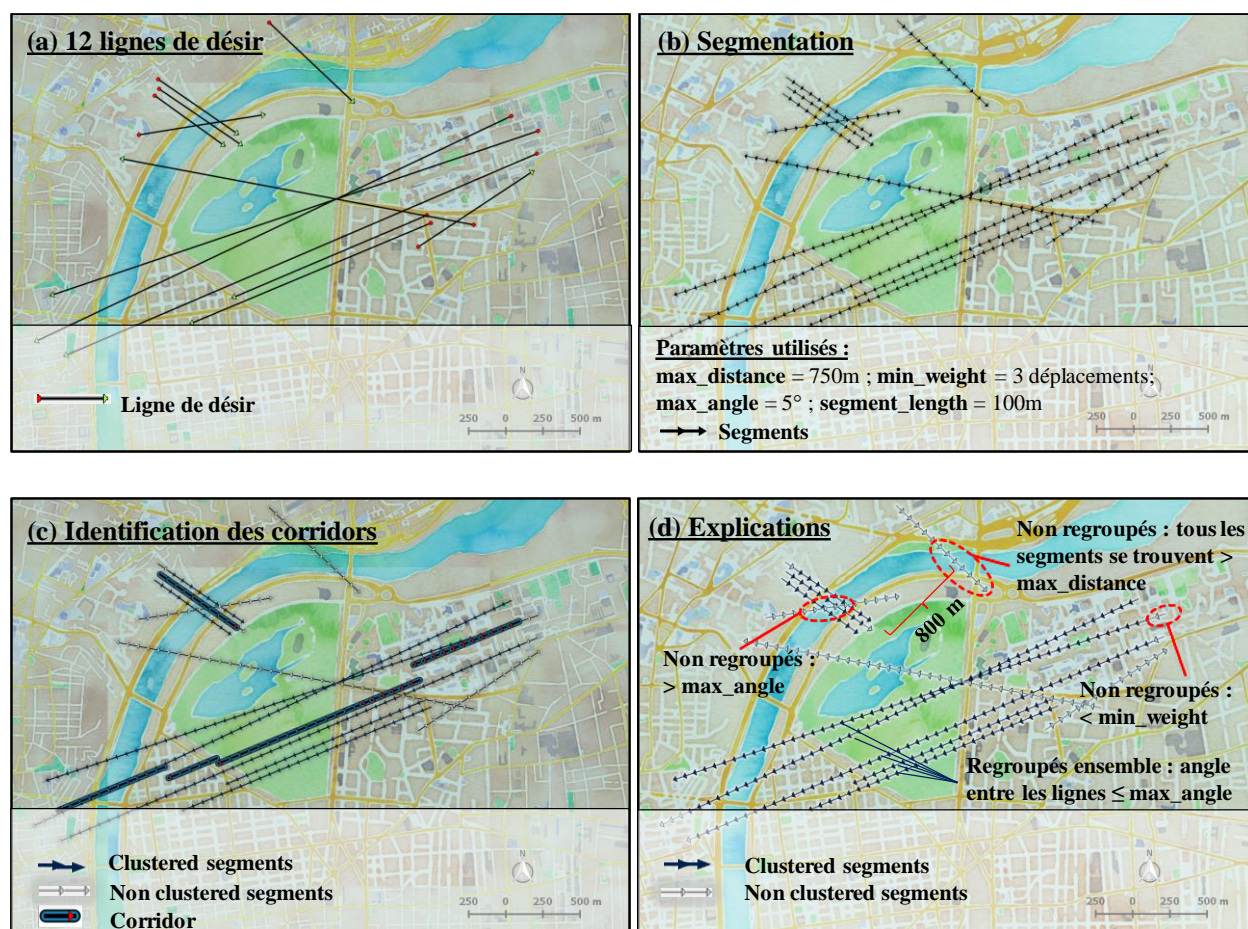


Figure 3.3: Fonctionnement de TraClus-DL

Dans l'article, nous avons aussi démontré l'applicabilité de TraClus-DL sur un ensemble de données OD issues de l'enquête de la GRM de 2013 (132 867 déplacements). Les corridors de demande ont été identifiés et caractérisés en utilisant les variables disponibles dans l'enquête.

De plus, la possibilité d'utiliser les corridors pour diagnostiquer le réseau est illustrée à l'aide d'un indicateur de Tortuosité Collective. La Tortuosité Collective évalue l'éloignement entre la demande collective et le réseau, permettant ainsi aux planificateurs de statuer sur un objectif d'amélioration.

La performance de TraClus-DL est analysée et comparée à celle de TraClus. En l'absence d'une approche de validation reconnue pour ces méthodes de regroupement, la visualisation reste l'ultime juge dans cette situation (Lee, J.-G. et al., 2007; Moulavi, Jaskowiak, Campello, Zimek, & Sander, 2014). Les résultats de TraClus-DL, *a contrario* de TraClus, demeurent cohérents pour les différentes variations du paramétrage.

L'utilisation de TraClus-DL est simple et ses paramètres sont intuitifs pour le planificateur de transport, puisqu'il offre la possibilité de cartographier les résultats tout en assurant le lien avec les données d'entrées.

Dans ces méthodes de regroupement, le paramétrage joue un rôle important. Cependant, en l'absence préalable d'informations sur la tendance de la mobilité, il est important de tester plusieurs séries de paramètres afin de sélectionner celles qui conviennent le plus. Dans cet article, nous avons proposé une approche permettant de faciliter le choix des intrants. Une méthode automatisée de paramétrage qui intègre cette approche pourrait être développée et intégrée à TraClus-DL dans le futur.

3.3 Proposition d'une typologie des corridors de demande

L'identification et l'analyse des corridors de demande au sein d'un territoire permettent de diagnostiquer, d'évaluer et d'améliorer l'offre de transport. Cependant, de nombreux types de corridors peuvent être identifiés avec le même ensemble de données en utilisant différentes approches d'identification et de visualisation.

Le Chapitre 6 vise la clarification des différents types de corridors de demande. Il est présenté sous la forme d'un article intitulé « **Defining transportation demand corridors from a collective standpoint : typology and potentials** » soumis pour publication dans le « Journal of Transport Geography » fin 2015.

L'article propose de faire la distinction entre les trois principaux types de corridors décrits comme suit :

- **Corridors convexes** : ce type illustre les tendances globales de déplacement dans une zone et délimite par conséquent les zones selon l'orientation des déplacements (zones orientées). L'équivalent de ce type de corridor au niveau opérationnel serait le corridor centrifuge. Le processus d'identification des corridors convexes est présenté dans la section 6.4.3.3 ;

- **Corridors interzonaux** : ce type regroupe les déplacements entièrement similaires ou autrement dit les déplacements qui partagent les mêmes zones d'origine et de destination. Au niveau opérationnel, ce type de corridor est parfois appelé corridor de pénétration (Comtois, 2012). L'Annexe C présente l'algorigramme⁶ d'identification des corridors interzonaux ;
- **Corridors-segments** : ce sont des petits corridors qui enveloppent les parties similaires de la demande. Ces corridors constituent les flux denses de mobilité et permettent l'identification d'autres types de corridors. L'algorithme d'identification des corridors segments est présenté dans la section 5.8.

Ces trois types de corridors ont été modélisés à l'aide de données de l'enquête OD réalisée en 2008 dans la GRM. Ces données présentent les déplacements ayant utilisé la ligne de train de Deux-Montagnes comme mode unique ou combiné. L'algorithme TraClus-DL a été utilisé avec quelques ajustements pour identifier les trois types de corridors. Les résultats sont présentés ci-dessous :


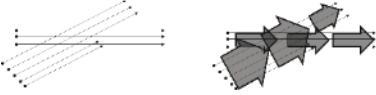
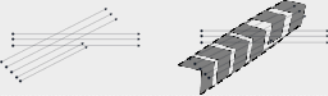
- L'identification des corridors convexes a permis de délimiter les zones selon leur flux de mouvement. Une telle délimitation offre au planificateur la possibilité d'orienter la planification de l'offre, d'identifier et de prioriser les zones d'intervention selon l'importance des flux de mobilité.
- L'identification des corridors-segments a permis de tracer l'axe de la demande et de comparer cet axe avec le tracé du train. L'utilisation d'un algorithme de mesure de similitude a évalué la ressemblance entre les deux axes (entre 67% et 80%).
- L'identification des corridors interzonaux permet d'identifier les déplacements qui partagent les mêmes variables telles que la zone d'origine, l'heure de départ, etc., ce qui ouvre la discussion quant à la possibilité de proposer des politiques (ex. covoiturage, autopartage, etc.) ciblant un grand nombre d'usagers sur certains axes. Ainsi, l'identification permet d'orienter les actions d'amélioration pour mieux servir les zones terminales (d'entrée et de sortie).

⁶ Organigramme de programmation, représentation graphique d'un algorithme.

La partie expérimentale du présent article confirme l'applicabilité d'une telle typologie dans la planification et le diagnostic de l'offre. Bien qu'un ensemble de données de l'enquête OD soit utilisé, d'autres sources de données (ex. GPS, carte à puce, etc.) peuvent être étudiées et analysées.

Les avantages et les limitations de l'utilisation de chaque type de corridors sont synthétisés en Figure 3.1.

Tableau 3.1: Avantages et limitations des trois types de corridors de demande

Type de corridor	Avantage / utilisation	Limitations
Corridors interzonaux 	<p>Regrouper et identifier des déplacements identiques (niveau de similarité élevé) ;</p> <p>Analyser et comparer les déplacements similaires ; ceci permet de diagnostiquer le réseau et de détecter les dysfonctionnements ;</p> <p>Proposer des services adaptés à un groupe de personne (covoiturage).</p>	<p>Difficile de définir la notion de similarité ;</p> <p>Le processus d'identification dépend largement de la définition des unités spatiales ;</p> <p>En plus de la localisation spatiale, d'autres facteurs peuvent avoir une influence sur la définition de similarité (ex. heure de début, durée, coût).</p>
Corridors-segment 	<p>Détecter les portions du trajet qui peuvent être partagées pour réduire la distance collective ;</p> <p>Aider à la planification de l'offre de transport et de la conception du réseau ;</p> <p>Aider à diagnostiquer l'éloignement entre l'offre et la demande brute.</p>	<p>L'utilisation des lignes de désir ne tient pas compte des obstacles environnementaux ou techniques ;</p> <p>Connecter les corridors successifs serait nécessaire pour mieux comprendre les résultats ;</p> <p>Processus d'interprétation, parfois lourd, nécessite l'analyse de tous les segments dans la zone d'influence.</p>
Corridors convexes 	<p>Illustrer les axes de mobilité peut aider à identifier et à comprendre facilement les habitudes de déplacement ;</p> <p>Peut être utilisé dans l'élaboration des politiques de transport pour identifier et prioriser les zones d'intervention.</p>	<p>N'est pas adapté pour des analyses au niveau local.</p>

3.4 Utilisation de l'approche du corridor de demande pour diagnostiquer le niveau de durabilité de l'offre

L'offre de transport est généralement conçue pour répondre à la demande collective qui est représentée ici par le flux OD. L'identification des corridors de demande mène à la perception de la demande collective et celle-ci permet par la suite d'évaluer l'écart entre l'offre et la demande.

Les chapitres 7 et 8 discutent de l'évaluation et du diagnostic de l'offre en s'appuyant sur le concept du corridor de demande.

Dans le Chapitre 7, un cadre structurant les processus d'évaluation de l'offre est proposé. Le cadre s'inspire d'autres cadres d'évaluation, notamment l'ACV, pour structurer les processus d'évaluation et du diagnostic. Par la suite, le chapitre discute de l'intégration de la notion de la durabilité dans les processus d'identification des corridors et ceux de l'évaluation de l'offre.

Le chapitre conclut en exposant le potentiel d'utiliser le corridor de demande comme unité de référence et d'évaluation. Toutefois, l'évaluation des impacts reliés aux objets « matériels » tels que les émissions de GES, des polluants et l'utilisation de l'emprise au sol nécessite la formulation et l'intégration des hypothèses opérationnelles, ce qui pourrait nuire au rôle du corridor comme unité de référence « neutre ».

Le Chapitre 8 explore l'utilisation du corridor de demande comme une unité de référence pour évaluer la structure spatiale de l'offre. Le chapitre est présenté en forme d'article scientifique intitulé « **What if the network was designed by the demand and how much does it comply with the supply ?** » accepté pour présentation au Congrès annuel de TRB prévu en janvier 2017.

La partie empirique présente un ensemble de données issues de l'enquête OD 2013 de la GRM afin d'examiner la structure spatiale de l'offre à travers l'adaptation de plusieurs indicateurs (tortuosité collective, éloignement collectif, LCSS, etc.). Le résultat illustre la pertinence d'utiliser le corridor comme unité de référence dans la planification des transports et dans les processus de prise de décision. De plus, il démontre la justesse d'orienter la recherche vers la formulation d'un indice global d'évaluation.

3.5 Synthèse

Les chapitres suivants présentent quatre articles publiés ou soumis pour publication dans des revues scientifiques. Sachant que chaque article est présenté tel qu'il apparaît dans les publications scientifiques, les Chapitres 4, 5, 6 et 8 possèdent chacun une structure indépendante contenant généralement un résumé, une introduction, une revue de littérature, un descriptif des données utilisées et une méthodologie de travail, en plus d'une discussion et d'une conclusion.

Le chapitre 7 présente un cadre général pour l'utilisation de l'approche de corridor de demande dans les processus de planification et d'évaluation du niveau de durabilité.

La thèse se termine par les chapitres 9, 10 et 11 qui présentent respectivement quelques travaux supplémentaires, une discussion générale et la conclusion.

CHAPITRE 4 ARTICLE 1: ENCAPSULATING AND VISUALIZING DISAGGREGATED ORIGIN-DESTINATION DESIRE LINES TO IDENTIFY DEMAND CORRIDORS

Rédigé par :

Kinan Bahbouh⁷ et Catherine Morency

Publié en 2014 dans :

Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,

No. 2430(1), pp. 162-169. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/2430-17>

Abstract

Origin–destination (O-D) data contain relevant information on the spatial structure of transportation demand; the data reveal the raw travel demand, notwithstanding transportation supply or networks. Visualizing an O-D matrix to identify demand corridors for small sets of data can be simple. In contrast, with the increasing complexity of travel paths, the amount of data collected is large and contains more information that needs to be analyzed. This process is challenging with significant conceptual and imaginary barriers. Spatial aggregation methods are usually used to reduce the complexity of O-D data. Such treatment, especially in an urban context, reduces the richness of data substantially. An approach is proposed to visualize an O-D matrix and to identify major corridors; this approach aims to cluster desire lines—the shortest and most direct trajectory between an origin and destination— so that the main concentrations of flow can be identified. The clustering of desire lines instead of O-D points allows the identification of what can be labeled raw demand corridors. Demand corridors may be used to identify collective trajectories, to evaluate transportation networks, and to propose strategies more adapted to transportation demand. The notion of corridors was clarified, and various applications of observed O-D sets from a survey in Montreal, Canada, were examined to identify major demand corridors.

⁷ La contribution à l'article de Kinan Bahbouh (rédaction, expérimentation, recherche bibliographique, etc.) est estimée à plus de 80%.

Results showed that demand collective corridors could be used as planning or decision-making tools. These corridors allow planners to encapsulate travel patterns, an approach that can assess the performance of current networks, identify potential development axes, or allow evaluation of corridor projects by comparing them with a reference unit.

4.1 Introduction

Regional and urban travel surveys offer large amounts of detailed travel data that may be used to understand transportation demand, to evaluate current services, and to propose adequate transportation strategies. Mapping origin–destination (O-D) data from travel surveys is an important task for the encapsulation of spatial components of travel patterns and dominant needs. As a matter of fact, mapping people’s movements started a long time ago. Friendly and Denis, in their article about cartography and data visualization, presented Henry Drury Harness (1804–1883) as one of the pioneers in the field; he mapped people’s transportation to Dublin, Ireland, in 1837 (Friendly & Denis, 2001). Since then, much research has been conducted in this field. However, this task has always been seen as a real challenge. The challenge does not stem from technical barriers but is mainly due to conceptual and imaginary barriers (Guo, Chen, MacEachren, & Liao, 2006; Rae, 2011). In fact, human imagination led to the representation of O-D data as points at the beginning, then as lines, and more efforts have been put into the development of innovative ways to visualize and summarize the important amount of information available.

Much research can be found about mapping O-D data and extracting corridors. Boyandin et al. (2010) proposed flow maps to visualize refugee migration on the country-to-country level; flow maps connecting the origin and destination directly are more adapted to small amounts of data (Boyandin et al., 2010). On national and regional levels, Wood et al. used flow trees to illustrate an O-D matrix (Wood et al., 2009). These flow trees divide maps into small cells at the level of the O-D matrix and then visualize the density of flow trajectories inside each cell to recognize corridors; flow trees are useful to identify high-density flows but they do not give flow directions. Less research can be found at the urban level. Rao et al. produced corridors to facilitate the visualization of O-D data; they used aggregated data and k-mean clustering to identify major corridors in urban contexts that may be used to identify potential transit axes (Rao et al., 2011). The first point to note about O-D visualization is that most research is oriented toward large spatial zones (national and regional levels). The second point is that much research has used spatial aggregates (pooling data within the same origin or destination zone, or both). This aggregation helps to reduce the amount of data processed and in consequence, especially in urban contexts, considerably reduces the richness of the data (Nielsen & Hovgesen, 2008). The last point is that

most research has used the corridor concept to recognize travel patterns with no clear definition of the concept.

This study aims to propose an empirical approach to visualizing O-D pairs on an urban level on the basis of the corridor concept. It aims to clarify the corridor concept, which is widely used without distinction in the literature. This approach aims to aggregate desire lines, the shortest and most direct link between an origin and a destination, to identify major concentrations of flow in order to find collective demand corridors. Collective corridors help identify spatial travel patterns to evaluate transportation networks and may help to propose strategies adapted to this demand.

4.2 Corridor Concept

This section is based on a literature review of mapping approaches and corridor concepts. Some techniques used to map O-D data are shown and the corridor concept is discussed.

4.2.1 Mapping approaches of OD data

Andrienko et al. (2008) classify spatiotemporal data visualization into three categories:

- Direct depiction approach. The direct approach could be conclusive in its direct mapping of desire lines with no or little data processing; it is inappropriate for large amounts of data and does not allow easy recognition of travel patterns.
- Data summaries—aggregate approach. The second approach summarizes data by aggregation methods that could be based on spatial, temporal, or any other factors. The use of flow maps by Boyandin et al. could be classified in this category (Boyandin et al., 2010).
- Computationally extracted patterns approach. The third approach aims to use data mining or other techniques to identify commuting patterns. The tool that will be used here and described later is in this category.

Figure 4.1 illustrates an example of the first approach by visualizing desire lines and the second approach by using the flow map layout code (Phan, 2005; Phan et al., 2005); both examples use a sample of 700 O-D trips from a survey in Montreal, Canada. More information about the data source (a travel survey) is presented in the research methodology section.

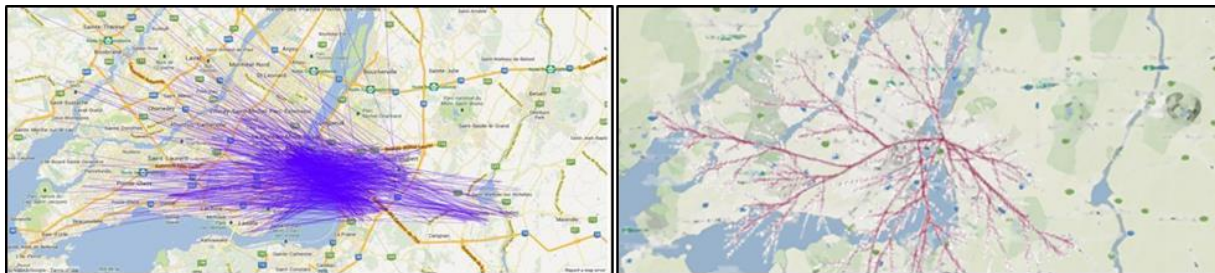


Figure 4.1: Mapping 700 O-D pairs from survey in Montreal by (a) desire lines and (b) flow map

4.2.2 Corridor concept discussion

Even without a standardized definition, the term “corridor” is widely used in the literature. Smith imagines a corridor as a travel shed— similar to watershed—where “trips tend to cluster in a general linear pattern”(Smith, 1999). However, the literature review allows recognition of the four main features of a corridor(Carr et al., 2010; Debie & Comtois, 2010; Reiss et al., 2006; Smith, 1999): linear, dynamic, geographic zone, and high trajectory concentration. The concept of a corridor is used in strategic transportation planning to show the connection between people and goods movement and economic activities (Carr et al., 2010).

In North America, corridors have been analyzed and used to develop a long-range transportation plan that includes investment strategies and other strategies. In fact, corridor studies help decision makers in planning future investments in transportation facilities and systems (Carr et al., 2010). As part of its 2020 vision, the Montreal Metropolitan Transportation Agency has launched a new corridor committee. The committee aims to use the corridor concept to define potential public transit axes in order to improve the decision-making process and facilitate the prioritization of project investments (AMT, 2011).

One of the challenges to the use of corridors is their identification. Typically, two approaches are distinguished in the literature :

- The first approach relies on transportation supply characteristics to identify corridors such as networks, congestion indicators, or transit supply in addition to some administrative and geographical attributes of a study area such as administrative borders or accessibility measures. Corridors that issue from this approach are called supply corridors. Many studies have covered several aspects of this approach, such as policy and transportation planning

(Carr et al., 2010; METRO, 2012). In addition, supply corridors increasingly integrate health, environmental, and technological dimensions, for example, green corridors, active corridors, and smart corridors (Arnold, 2006; Clarke, 2008; JHK & Associates, 1993; McCormick Rankin Corporation, 2009; Salanne, Rönkkö, & Byring, 2010; Ville de Québec, 2012).

- The second approach is the demand corridor; there are fewer studies applying such an approach. These studies use an identification process based on demand characteristics mainly through the use of O-D data; Rao et al. identify them as “the concentration of travel demand in space, with the characteristics of high traffic volume, long trip distance” (Rao et al., 2011).

Figure 4.2 synthesizes this twofold definition of the corridor. Users (people or goods) driven by their mobility needs will look for convenient transportation services and networks to reach specific zones; the geographic band that contains a high concentration of trip trajectories represents a corridor. In the next section, the approach to identify the demand corridor by using O-D data is proposed.

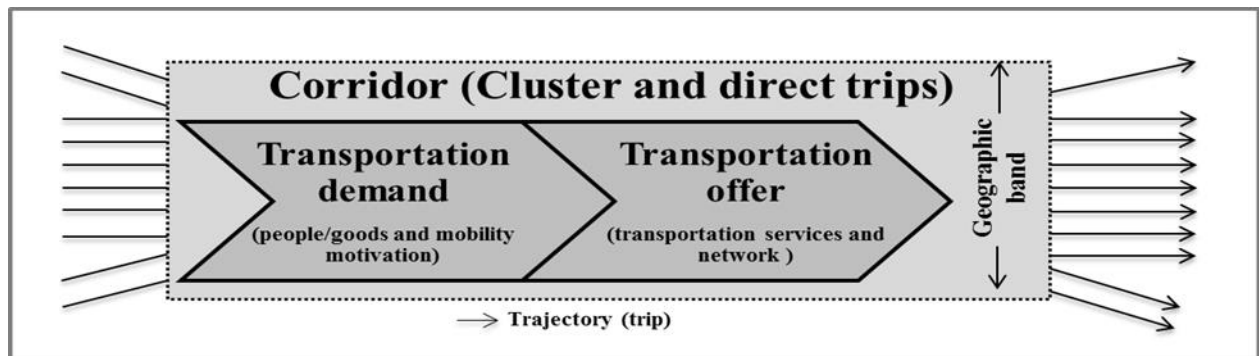


Figure 4.2: Concept of corridor

4.3 Research Methodology and Data

The main goal of this study is to present a general approach to visualization and identification of corridors from O-D data. Identifying demand corridors regardless of transportation supply or geographical and administrative obstacles should lead to identifying collective demand corridors. Consequently, corridors from such processes can be used as units of reference in decision-making

processes in order to evaluate current supply and networks as well as to compare scenarios and projects.

It is proposed to identify collective corridors from desire lines by using a six-step approach. In this section the approach will be empirically tested with a sample from the 2008 Montreal O-D survey. The approach will be tested with one possible clustering method because of space restrictions, but limitations will be discussed as well as possible alternatives to this clustering approach. Figure 4.3 presents the five steps of this approach.

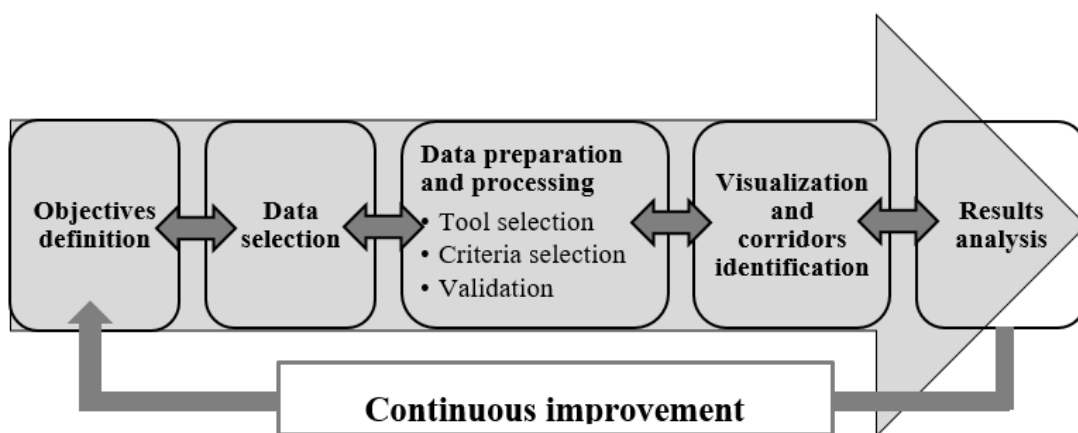


Figure 4.3: Corridor identification and visualization approach

4.3.1 Objectives

Identifying and visualizing demand corridors from a disaggregated O-D matrix will be useful for transportation planning and policy makers. Desire lines represent the optimal path for each traveler; corridors encapsulating a set of desire lines will represent collective corridors that have higher potential for articulating collective transportation services or supply infrastructure suited to a sufficient number of travelers.

The objective is to identify and visualize corridors during a typical weekday, see their evolution throughout the day, and then aim to identify potential priority corridors and specialized corridors based on occupation and gender

4.3.2 Data Selection

Approximately every 5 years since 1970, large-scale household travel surveys have been conducted in the greater Montreal area. These surveys gather detailed information on one specific day of travel of all members (5 years and older) of some 5% of the population. The survey is conducted during the fall by telephone interviews. One important output of the survey is a disaggregated O-D matrix that contains much additional data including socioeconomic details. More details on these surveys can be found on the website of the Montreal Metropolitan Transportation Agency (AMT, 2013)

A set of 6,470 trips observed on Tuesdays and defined by their precise origin and destination points is used; other variables useful for classification are also extracted. The following are some of the variables :

1. IPERE: unique identification;
2. XORIG, YORIG: origin x, y coordinates (Modified Transverse Mercator coordinate system, North American Datum 83);
3. XDEST, YDEST: destination x, y coordinates (Modified Transverse Mercator coordinate system, North American Datum 83);
4. DAY: travel day (1 = Monday, ..., 5 = Friday);
5. SEX: passenger sex (male, female); and
6. HREDEP: departure hour.

Figure 4.4 illustrates the corresponding O-D points and desire lines. Figure 4b shows that simply simultaneously mapping an important set of O-D desire lines makes information extraction impossible.

We will use a set of 6470 observed trips observed on Tuesdays defined by their precise origin and destination points; other variables, useful for classification, are also extracted). Figure 4 illustrates the corresponding OD points and desire lines. We see from figure b that simply simultaneously mapping an important set of OD desire lines makes information extraction impossible.

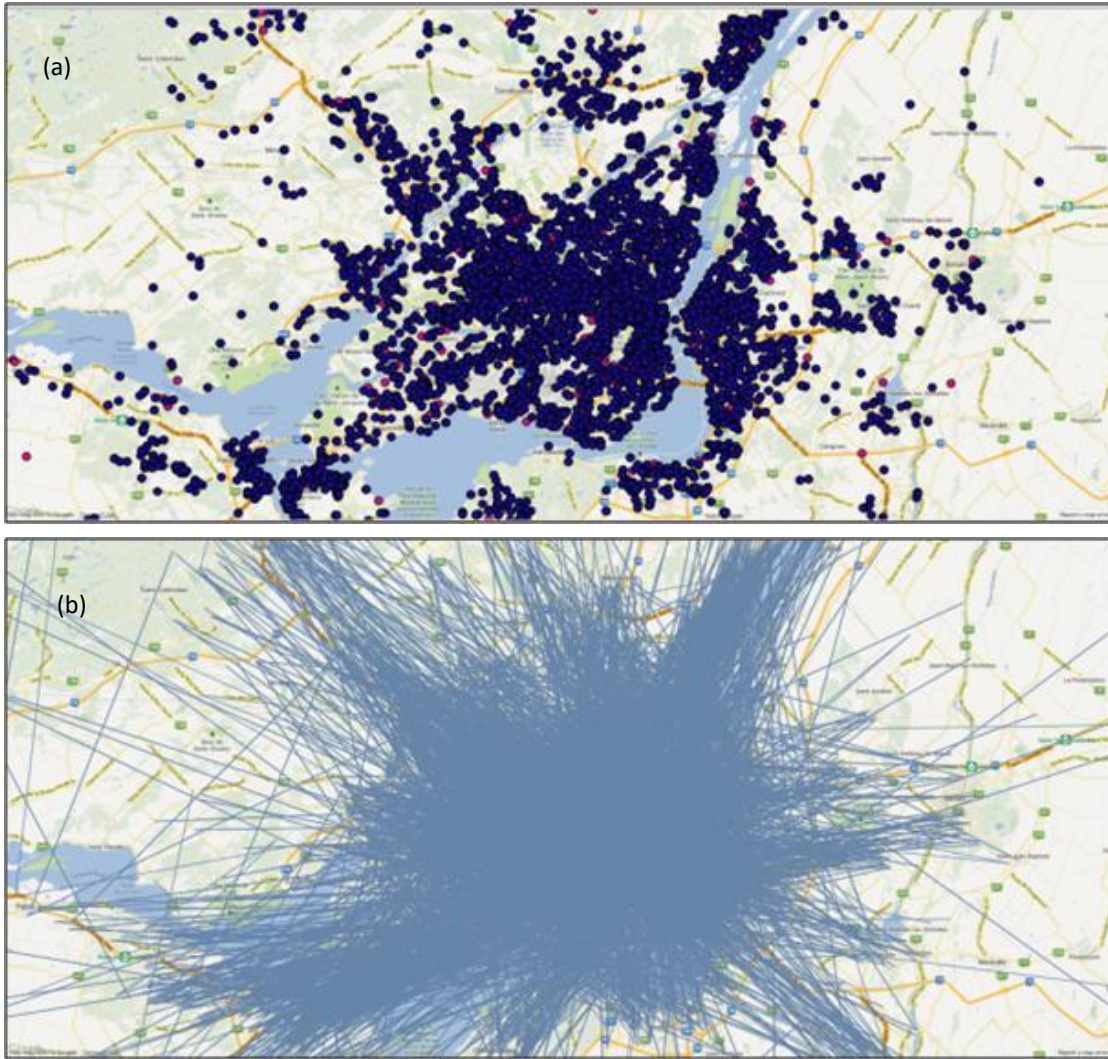


Figure 4.4: Extracted data for Tuesdays from OD survey: a) OD points, b) desire lines

4.3.3 Data preparation and processing

4.3.3.1 Tool selection

In light of the corridor definition, expectations with respect to the application of a method are specified: it has to be able to cluster desire lines based on a certain minimum density within the corridor influence area. Trajectory clustering could satisfy the objectives. Trajectory clustering can be categorized into two classes: (a) clustering the entire trajectory and (b) clustering of subtrajectories. Some of these clustering approaches have been used to identify frequent movements or behaviors such as migrations of animals (Lee, J.-G. et al., 2007) or people (Hung, Wei, & Peng, 2012).

To illustrate, one type of clustering—TraClus, a subtrajectory clustering framework proposed by Lee et al.—has been used to identify common animal and hurricane trajectories (Lee, J.-G. et al., 2007). Hurricane movements are not limited to movement in space; they do not respect physical routes. Desire lines have similarities with hurricane trajectories; in fact, they are even less complex. TraClus decomposes a trajectory into a set of line segments and groups similar line segments together to form a cluster. It is an adaptation of a definition for points, originally proposed for DBSCAN (Ester et al., 1996), to line segments. TraClus uses two parameters (Lee, J.-G. et al., 2007): MinLns and ε -neighborhood. MinLns is the minimum number of segments to form a cluster and the ε -neighborhood (influence zone) defines membership between segments based on a distance. The distance function is not a direct distance between two segments but it is weighted as the sum of three kinds of distances (perpendicular distance, parallel distance, and angle distance). More details about TraClus can be found in the work by Lee et al. (Lee, J.-G. et al., 2007). The advantage of weighted distance is that it takes into account the direction of the segments to form the clusters. One of the disadvantages of TraClus is that it cannot directly consider weights or expansion factors. This ability would be useful since survey data are usually weighted to allow for statistical inference.

4.3.3.2 Criteria selection and validation

In the identification of demand corridors, one or more of three criteria are proposed to be used: minimum flow density, corridor width or zone of influence, and corridor minimum length. TraClus has two parameters, MinLns, which is similar to minimum flow density, and the ε -neighborhood (ε), which is, in some ways, representative of the zone of influence. The minimum length is not a parameter to be defined by the user since TraClus divides trajectories into small parts automatically (Lee, J.-G. et al., 2007).

Experiments show that the best way to identify common trajectories is by testing several values and evaluating them visually even if some methods could be used to validate the selection, such as entropy and quality measures based on the sum of squared error (Hung et al., 2012; Lee, J.-G. et al., 2007). Experiments show that if a larger MinLns is used, TraClus will discover smaller and shorter corridors and it will stop when fixed density is not reached. However, if a larger ε is used, TraClus will consider larger influence areas, so the shape of the corridors will change and corridors will be longer. There is probably no ideal shape for corridors, and the parameters need to be fitted

to the analytical needs. As in exploratory analysis, this method needs to be used as a tool to better understand the spatial structure of demand, and various levels of resolution (outcomes from the combination of parameters) will contribute to this objective. Hence, many combinations of parameters with different ε and MinLns have been tried to identify the ideal ones in terms of visualization and the granularity level of the outputs; $\varepsilon = 1,000$ and MinLns = 10 were selected as the most convenient and information-revealing parameters. Figure 4.5 presents the impacts of successive changes applied to the parameters.

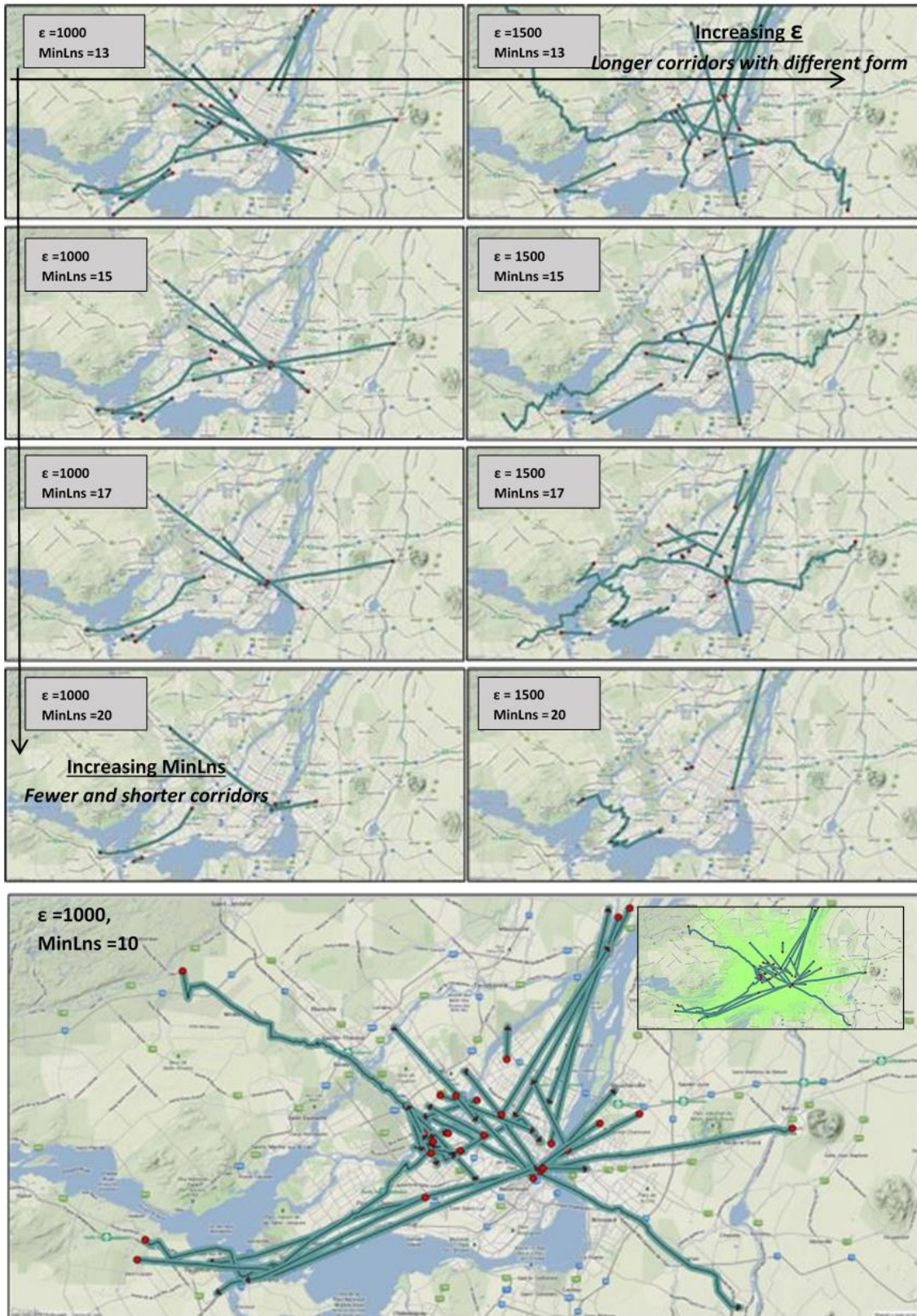


Figure 4.5: Visualization of clustering by TraClus (a) with different combinations of parameters to select and (b) ideal combination of parameters

4.3.3.3 Visualization and Identification of Corridors

Visualizing and identification of collective corridors

After application of TraClus to the experimental data set, a geographic information system tool was used to visualize the outputs. For visualization purposes, the buffer function was used to create zones around the corridors. Figure 4.6 shows different corridors with the same scale of neighborhoods ($\varepsilon = 1,000$) and different densities (MinLns = 10, 13, 15, 17, and 20). Changing MinLns alters the shape of the corridor slightly as well as its length since it becomes shorter with greater MinLns.

Two kinds of corridors can be identified on the basis of this visualization: by density and by importance (Figure 4.6). Dense corridors are, as their name indicates, corridors with higher flow density. Important corridors are part of all dense corridors regardless of what the value of MinLns. This identification helps the planner to pinpoint the most important corridors, which probably need to be prioritized in the decision-making process.

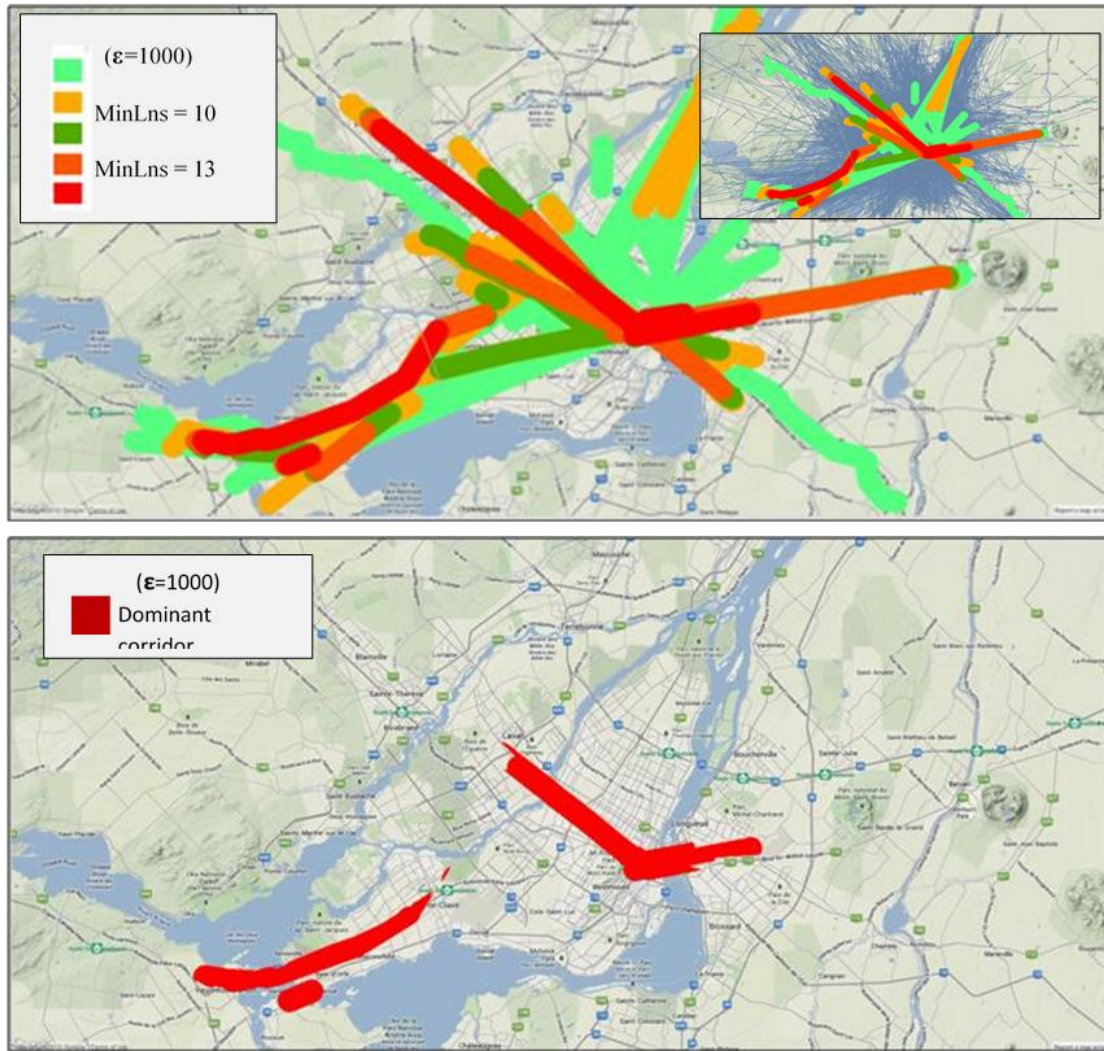


Figure 4.6: Visualizing of major corridor in Montreal: a. major and sub-corridor (density based identification), b. identified priority corridor

Daily dynamics of corridors

Previous identification allows pinpointing of important collective corridors for a typical day. In fact, corridors could be categorized by demand or service characteristics (Yang et al., 2010); identifying corridors by social or economic factors could be useful to focus some interventions and investments. In this section the evolution of corridors throughout a typical day and their analysis will be covered.

The day is divided into six periods:

- Night: 9:00 p.m. to 4:00 a.m.,

- Morning peak hour: 6:00 a.m. to 9:00 a.m.,
- First day period: 9:00 a.m. to noon,
- Second day period: noon to 3:00 p.m.,
- Evening peak hour: 3:00 p.m. to 6:00 p.m., and
- Evening: 6:00 p.m. to 9:00 p.m.

The data were processed with the same approach as before, and it was determined by visual inspection that the most appropriate parameters are $\varepsilon = 1,000$ and $\text{MinLns} = 3$ or 4 . Figure 4.7 through 4.9 show the evolution of the corridors throughout the day. Some corridors stay the same but with different directions depending on the period of the day (possible home-to-work trips). The intersection between morning and evening peak hour corridors might lead to the identification of what can be called peak hour corridors (see Figure 4.8). This identification allows transportation and urban planners to offer adapted services for those who use the same corridor in the morning and evening. In addition, the identification allows the promotion of effective practices to reduce congestion and the transportation carbon footprint (carpooling services, express transit lines, optimized land use, etc.).

Along the same lines, the authors wanted to see if this approach could discriminate between men's and women's corridors. It was found that some corridors were dominated by one sex, whereas others could be considered mixed (

Figure 4.9). This identification could be used by urban planners to offer certain services along particular corridors.

4.4 Advantages and limitations

An approach has been proposed to visualize large and disaggregated O-D sets on an urban level based on the corridor concept; a tool that can directly process the disaggregated O-D pairs has more flexibility and allows extraction of more information with iterative changing of parameters than the typical aggregation in which both trip ends use predetermined zones. The results appear simple, understandable, and useful for urban and transportation planners in addition to policy makers. Demand corridors present the ability to identify potential urban and transport development axes. On the basis of demand corridors with socioeconomic dimensions, adapted services can be proposed that can promote more sustainable behaviors such as carpooling on peak hour corridors or flexible transit for specific time periods or population segments.

Experimental results show that tool selection is a vital step in this approach. TraClus appears to be a promising tool but needs to be adjusted to meet corridor identification; parameter selection is a difficult step since many combinations of ϵ and MinLns should be tested before appropriate ones are found. Visual parameter validation remains the soundest approach even if some automated approaches may be used to validate the final parameter decision (Lee, J.-G. et al., 2007). Other difficulties are that clustered segments cannot be visualized and the number of desire lines cannot be evaluated without their being clustered. In addition, the parameter ϵ is defined as nonmetric. Therefore, fitting corridor width is not straightforward; moreover, it could be interesting to have more than one parameter identifying corridor width depending on the zone (urban, semiurban, etc.). In addition, TraClus does not directly manage weights. It is possible to address this limitation by replicating observations but that solution could become burdensome with a large amount of data. The limitations are actually not related to the concept but to the tool and validation methods used. Other clustering tools, such as the Clustering Clues of Trajectories (Hung et al., 2012) and that of the Knowledge Discovery and Data Mining Laboratory, at the University of Pisa, Italy (Nanni & Pedreschi, 2006), will be tested, and there are plans to develop clustering tools to tackle these limitations.

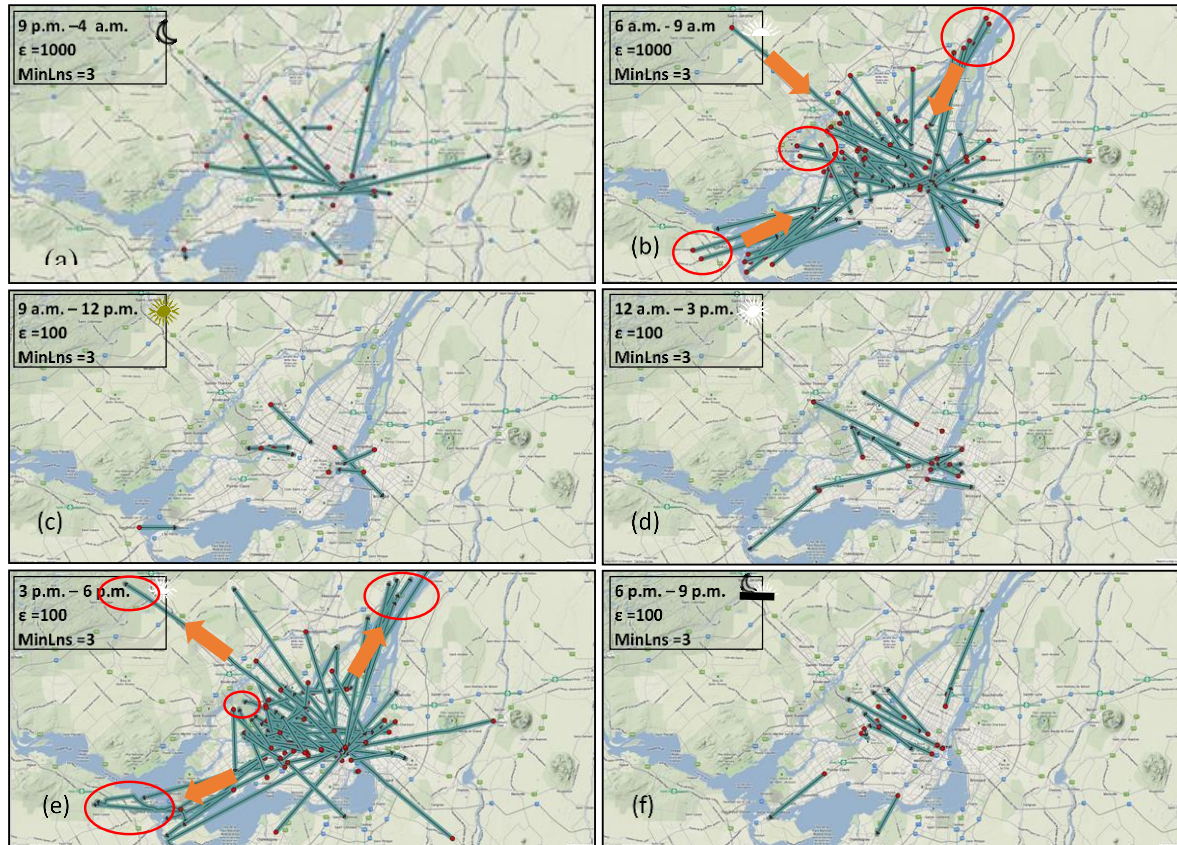


Figure 4.7: Evolution of demand corridor throughout typical Tuesday



Figure 4.8: Peak hour corridors

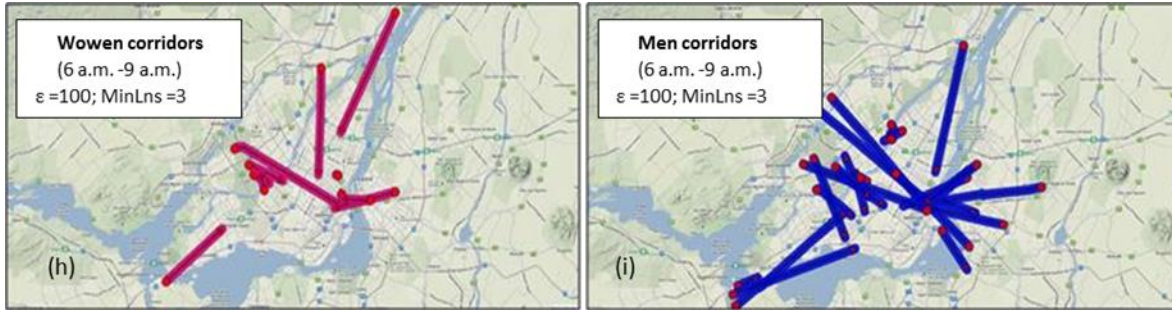


Figure 4.9: Identification of corridors by gender

4.5 Conclusions

Encapsulating and visualizing demand corridors may help to identify potential development axes for innovative transportation services; in addition, this approach may lead to modifying land use as a function of the dominant commuter profile. Spatial and temporal dimensions can be presented in a simple way and encapsulation is useful to add social or economic dimensions without affecting the comprehensiveness of the visualization. Data input could be extended to forecast O-D sets; this extension might lead to use of the predicted demand corridor as a unit of reference or a tool in the decision-making processes for future urban and transportation projects.

4.6 Acknowledgments

The authors acknowledge the contribution and support of the Mobilité Chair partners (City of Montreal, Quebec Ministry of Transportation, Montreal Metropolitan Transport Agency, and Montreal Transit Authority). The authors also thank the Technical Committee on O-D travel surveys in the Montreal Region for providing access to disaggregate data for research purposes.

CHAPITRE 5 ARTICLE 2: TRAVEL DEMAND CORRIDORS: MODELLING APPROACH AND RELEVANCE IN THE PLANNING PROCESS

Rédigé par :

Kinan Bahboub⁸, James R. Wagner, Catherine Morency et Chantal Berdier

Publié en 2017 dans :

Journal of Transport Geography, Journal of Transport Geography, Volume 58, pp. 196-208.

doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.007>

Abstract

In an ideal world, transportation networks and services would be adapted to the specific travel needs of each individual and would perfectly fit the corresponding desire lines (direct lines between origin and destination points). However, in practice, networks cannot be designed to accommodate each individual trip. Still, it is possible to optimize transportation systems from a collective demand point of view. To move from an individual to a collective scale, individual demands need to be encapsulated into demand corridors.

Although current spatial tools and data mining techniques are able to identify corridors from numerous movements by using linear or non-linear trajectory data, their limitations—from a transportation point of view—include the use of non-intuitive parameters and the application of some aggregation processes that make it difficult to retrace the attributes of individual input data that could benefit the richness of the available data after processing. For that reason, we propose a new algorithm called Trajectory Clustering for Desire Lines (TraClus-DL), which can identify corridors from Origin-Destination (OD) information with simple parameters, such as spatial location, angles between lines, and sampling weights. The functionality of TraClus-DL as a diagnostic tool for transportation supply was assessed and tested using data from the 2013 OD

⁸ La contribution à l'article de Kinan Bahboub (rédaction, expérimentation, recherche bibliographique, etc.) est estimée à plus de 80%.

travel survey conducted in the Montreal area. The sensitivity of the results, with respect to parameter settings, was evaluated, and a comparison with an existing algorithm was proposed.

The results of this study demonstrate that transportation specialists can benefit from the convenience of using TraClus-DL as a corridor identification tool, which includes its potential to perform deep analyses at the corridor level. In addition, this study provides new insights into the possible uses of demand corridors as relevant tools for transportation planning, and in the decision-making processes in which a neutral reference is needed to evaluate how much the transportation supply differs from the collective travel demand.

5.1 Introduction

In a historical review of urban transportation planning, Weiner (2012) has noted that in the early 1950s network characteristics and travel volume became insufficient for effective transportation planning in complex areas such as urban zones. As a result, data collection methods were developed—for example, Origin-Destination (OD) surveys—and the collected information was analysed to recognize travel patterns and factors that affected urban movements. By the mid-1950s, more than 100 OD surveys already had been conducted in American metropolitan areas (Weiner, 2012). Since then, OD data have become valuable resources for providing a clear picture of mobility patterns at both the individual and collective scale, and a great deal of research has been carried out in transportation planning and decision the making processes using the OD survey data. In the past, a lot of research relied solely on aggregated data due to the complexity of data processing with the available tools and the time required; consequently, the methods used did not benefit from the richness of the available data, and the results were limited accordingly. Nevertheless, powerful tools and methods were proposed to handle large sets of micro-data, such as spatial analysis tools (Morency, 2006) and data mining methods (Rao et al., 2011, Guo and Zhu, 2014).

Many researchers have benefited from these advances to better understand mobility and improve their studies using OD data. Some have aimed to improve transportation services (Jara-Díaz et al., 2008) and to assess service accessibility (Jiang et al., 2012), whereas others have used OD data to simply visualize large amounts of disaggregated data (Bahbouh and Morency, 2014).

Any OD survey set carries basic information about individual trips through the origin and destination points. The direct line connecting the origin and destination points represents the theoretical shortest path for an individual, which is called a desire line (Weiner, 2012). Since the transportation supply usually is designed to fulfill collective demand, individual travels need to be synthesized to a collective scale. Methodologically speaking, this means that desire lines need to be aggregated into corridors in which a corridor can be seen as a “watershed” gathering together similar individual trips (Smith, 1999). Therefore, the identification of corridors from desire lines is a way to identify optimal collective axes where desire lines are encapsulated to form what we can call demand corridors.

Since most of the research regarding corridor definition relies on the presence of physical infrastructures and land use (Chapman et al., 2003, Priemus and Zonneveld, 2003, Reggiani et al., 1995), the optimal mobility axes that reflect collective demand desire may not always be detected. Only a few studies on identifying corridors using the observed demand are included in the literature. For example, Liu et al. (1996) proposed a model to identify rail corridor locations based on pre-defined paths and OD data using an optimization cost approach to adjust corridor locations. Other studies (Clark and Oxley, 1991, Moorthy, 1997) have used an OD matrix and a predefined intra-zonal spider web network to identify corridors. In more recent studies, to minimize costs for both users and operators, Verma et al. (2011) proposed a framework to identify transit corridors based on OD data, road networks, Geographical Information Systems (GIS), and optimization algorithms; whereas Rao et al. (2011) identified urban transportation corridors using aggregated OD data and a data-mining method.

In the available literature, we observed two recurring elements: the use of processed data to simplify the complexity of OD sets, and the use of a pre-identified network and optimization techniques to adjust corridor location. Most of those optimization techniques rely on operational concepts such as optimizing travel distance or travel time.

In a different context, Lee et al. (2007) proposed a framework called Trajectory Clustering (TraClus) to identify animal and hurricane corridors. Bahbouh and Morency (2014) tested the potential of using TraClus to identify corridors from desire lines only, and although they proposed some interesting results, they also highlighted the difficulties inherent in the direct application of TraClus to transportation problems. These difficulties are related to parameter definitions and the

mismatch of the TraClus process to desire line features. In fact, TraClus parameters are not easy to select and interpret, since they are formulated using composite distance equations. In addition, the framework does not directly support some of the desire line features, such as direction or sampling weight.

One of the main objectives of the present study is to contribute to the limited existing literature by proposing a well-defined method and practice to define and identify corridors from demand. Furthermore, this study highlights some of the potential benefits of using demand corridors to assess the adequacy of transportation supply with respect to demand.

To identify demand corridors, we propose an improved process of trajectory clustering called Trajectory Clustering for Desire Lines (TraClus-DL), which has been adapted to identify demand corridors from desire lines. The functionality of TraClus-DL as a diagnostic tool for transportation needs was tested using a set of data from the greater Montreal OD survey.

The remainder of this study is organized as follows. Section 5.2 provides a general corridor classification and a brief definition of some corridor features that were used to design the TraClus-DL algorithm. Section 5.3 presents the demand corridor identification algorithm (TraClus-DL), and Section 5.4 demonstrates the functionality of TraClus-DL and the possible implementation of the *demand corridor* concept through two case studies. Section 5.5 examines the impacts of various parameters, and Sections 5.6 and 5.7 discuss the advantages and limitations of using TraClus-DL, and provide a general conclusion.

5.2 Transportation Corridors

Transportation corridors can be classified mainly into supply corridors and demand corridors. Whereas supply corridors are identified based on transportation supply elements and characteristics such as services, location, and capacity; demand corridors typically are identified based on transportation demand elements, without the direct influence of any administrative or environmental constraints. Supply corridors can be used in long-range transportation planning and the decision-making processes (Carr et al., 2010, Smith, 1999), and demand corridors can be used as a reference comparison unit in decision-making processes to diagnose and evaluate how much the transportation supply differs from the travel demand.

Desire lines are a simple way to represent demand; therefore, directly identifying corridors from desire lines leads to identifying the corridors that most closely match the demand.

A summary of the main corridor features is an essential step in designing an algorithm that can identify corridors from desire lines. We build on the transportation literature (Carr et al., 2010, Smith, 1999, Reiss et al., 2006) that describes corridors as dynamic and linear zones with a high trip concentration. In the following paragraphs, we clarify the main corridor features used in the proposed algorithm.

As a starting point, a minimum number of trips is required to identify the corridor zone that is characterized by a high trip concentration. This minimum requirement is highly associated with the study objectives and corridor typology. For example, identifying demand corridors for potential transit services may require more trips than identifying pedestrian demand corridors.

The *dynamic feature* of a corridor refers to the possibility of changing the corridor structure (direction, length, position, etc.) based on mobility variables, such as trip distance, start time, commuter's gender, income, etc. Consequently, it is possible, based on these variables, to identify different corridors from the same data set in the same territory (e.g., rush hour or nighttime corridors, students and professionals' corridors, etc.).

The linearity feature is defined by Reiss et al. (2006) as "the sense of a particular cardinal direction." With respect to a demand corridor derived from desire lines, a variable or an equation can be used to measure the similarity of the directions. We propose to use the angle of desire lines to determine if two lines belong to the same corridor or not. Our hypothesis, illustrated in Figure 5.1, presumes that two lines with angles differing by 90 degrees or more absolutely belong to different corridors. Corridors act as travel-sheds and tend to gather desire lines from each side of their axes, so the maximum angle between the travel-shed axis and desire lines should not be greater than 22.5° .

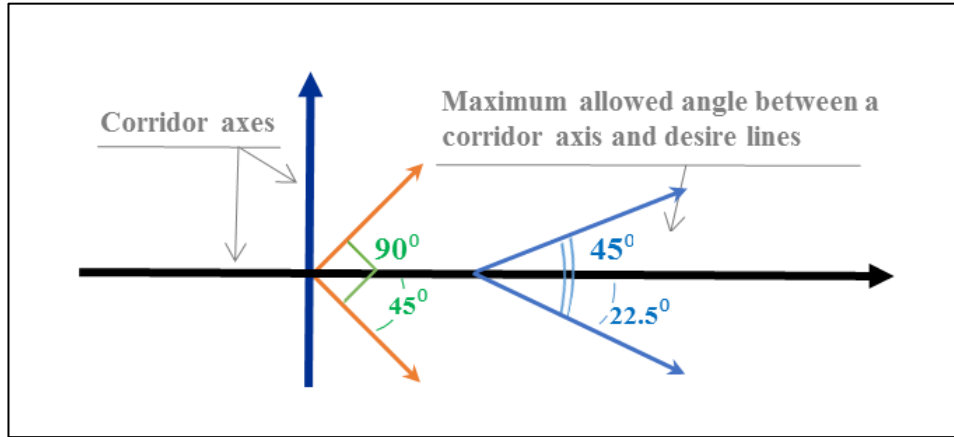


Figure 5.1: Maximum angle between the main corridor path and desire lines

Finally, corridors are seen as zones in which similar trips (desire lines) are encapsulated together. These zones are defined by their location, length and width. Thus, a corridor will continue as long as a sufficient number of similar trips are present, and it may be characterized by a minimum length. The width of a zone, called the *influence width*, may vary depending on many factors such as topographical or commuter characteristics. The literature provides various examples linking corridor widths to trip modes; for example, pedestrian or cycling corridors can have widths up to 100 meters, transit corridors can have widths up to 2 kilometers, and international trade corridors can have widths in the 10s of kilometers. Furthermore, some studies have proposed assigning an approximate width instead of a fixed one, since corridor width should be able to increase slightly to include nearby similar trips (Reiss et al., 2006, Vermont Agency of Transportation, 2005).

With respect to demand corridors, the elements that should be used to identify corridor width (W) are those related to demand. Our hypothesis to define the appropriate corridor width is illustrated in Figure 5.2, and it is grounded in the definition of two levels of networks: the Desire-lines-based network that is outlined (sketched) by desire lines only; and the Demand-corridor-based network that is outlined by a demand corridor axis and the links between the origin and the destination points of that corridor axis. The hypothesis also posits that a desire line length (L_{dl}) represents the optimal distance (Euclidian distance) at the individual scale, and consequently, the sum of desire lines length ($L_{desire-lines-based\ network}$) represents the optimal collective trip distance. Accordingly, corridor width should be selected to encapsulate trips where the Demand-corridor-based network length ($L_{demand-corridor-based\ network}$) is under an acceptable distortion

(tortuosity) from desire-lines-based network length ($L_{\text{desire-lines-based network}}$); in other words, (W) should be selected to maintain that:

$$(L_{\text{demand-corridor-based network}} / L_{\text{desire-lines-based network}}) \leq \text{acceptable collective distortion}$$

It is important to be aware that an acceptable collective distortion may differ from one study to another. In network design, this indicator should be minimized. Hence, the ultimate value will not be less than 1, as an acceptable distortion of a value of one is a standard for overlaid desire lines. More information about distortion signification is presented in Section 5.4.

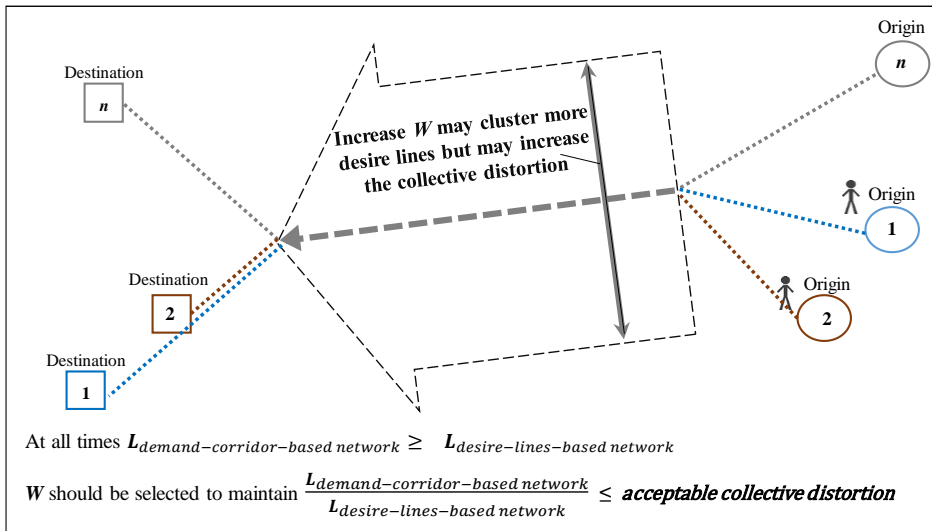
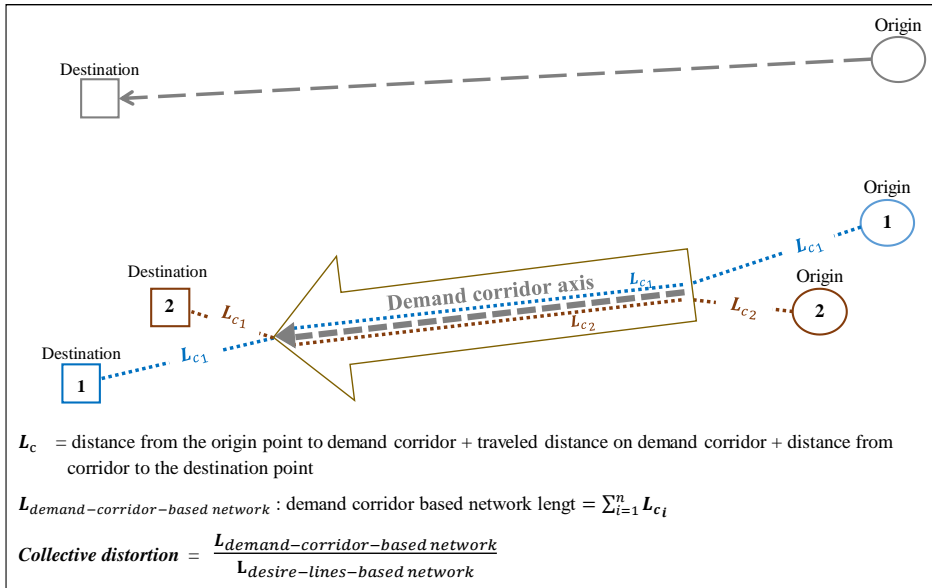
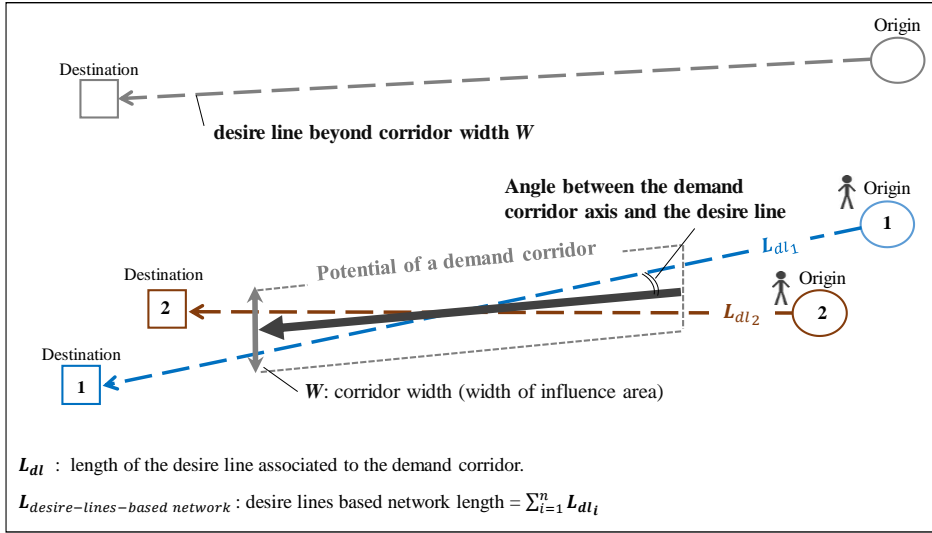


Figure 5.2: Corridor identification based on features

5.3 Demand Corridor Identification Algorithm (TraClus-DL)

This section presents the global TraClus-DL structure with its inputs and outputs, which is followed by a brief overview and detailed description of the algorithm used.

5.3.1 TraClus-DL Structure

The application of data mining techniques to travel data has led to many successful discoveries about travel patterns and behaviors. The literature includes two kinds of trajectory clustering using travel data: (a) *whole trajectory clustering* that measures similarities between trajectories as a whole and then clusters similar ones together and (b) *partition-and-group trajectory clustering* that divides trajectories into portions, measures the similarities between these portions (segments), and then clusters similar portions together. TraClus is a density-based clustering method that belongs to the partition-and-group type (Lee et al., 2007).

Using TraClus on desire lines raises some challenges. First, TraClus was designed for complex trajectories such as hurricanes or animal migrations, and experience has shown that it does not perform segmentation on straight lines. Another challenge is related to the fact that parameter selection is neither particularly intuitive nor coherent with typical urban and network design rules. More information about TraClus parameters is provided in Section 5.5.

The proposed algorithm (TraClus-DL) has a similar general structure to that of the existing TraClus; it divides desire lines into equal segments to build corridors based on these segments, rather than using the entire desire lines, which makes corridors more specific and fine-grained.

The inputs of TraClus-DL are a plain text file containing a unique trip identifier (observation ID), the origin and destination coordinates, and a weight (corresponding to the number of trips represented by each observation, if applicable as in the case of sample data), as well as four simple parameters adapted to transportation planning:

1. Width of the influence area represented by half the width of the expected corridor (*max_distance*)
2. Maximum angle allowed between the main corridor path and the desire lines (*max_angle*)
3. Minimum number of observations (or sampling weight) required to create a corridor (*min_weight*)

4. Segmentation length (*segment_length*)

The output is a set of demand corridors with information about clustered segments. Since the observation ID is preserved and linked to its segments and corridors, it is possible to perform a deep analyses at the corridor level by using all the available information related to each OD observation.

5.3.2 TraClus-DL Core Algorithm

The core of TraClus-DL is a clustering algorithm adapted to spatial data, which relies on a standard algorithm called the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN). DBSCAN is a clustering algorithm that can identify areas with a minimum number of points by using two parameters as input: (a) the maximum distance between the two points to be considered in the same neighborhood and (b) the minimum number of points in the neighborhood to be considered as a cluster.

With DBSCAN, an arbitrary point is chosen as a seed and then points in the neighbourhood of this seed are selected. If this neighborhood is sufficiently dense, the selected points create a cluster. The algorithm then expands from these points, and scans for the presence of other points within the maximum distance to be added to the original cluster, and so on. Due to the way that DBSCAN works, and as a general rule, the final set of clusters will be the same regardless of the sequence in which the arbitrary points are selected as seeds. Detailed information about the DBSCAN algorithm can be found in (Ester et al., 1996).

Inspired by the DBSCAN algorithm, we developed an adapted version called DBSCAN-Seg that deals with segments instead of points to integrate the directions by using the angle (direction) of the desire lines. Adding the angle condition prevents segments that differ by more than a specified angle from being assigned to the same corridor. The DBSCAN-Seg algorithm has the ability to expand and thus to encapsulate nearby demand segments beyond the fixed exact width; this ability makes the corridor width slightly flexible.

5.3.3 TraClus-DL Processing Stages

TraClus-DL contains three main stages: (a) Pre-processing, (b) DBSCAN-Seg processing and queue formation, and (c) Final corridor assignment. Each stage is described below, and the three

pseudo-codes (algorithms) are presented in the Appendix. Figure 5.3 proposes a general schematic view of the main process.

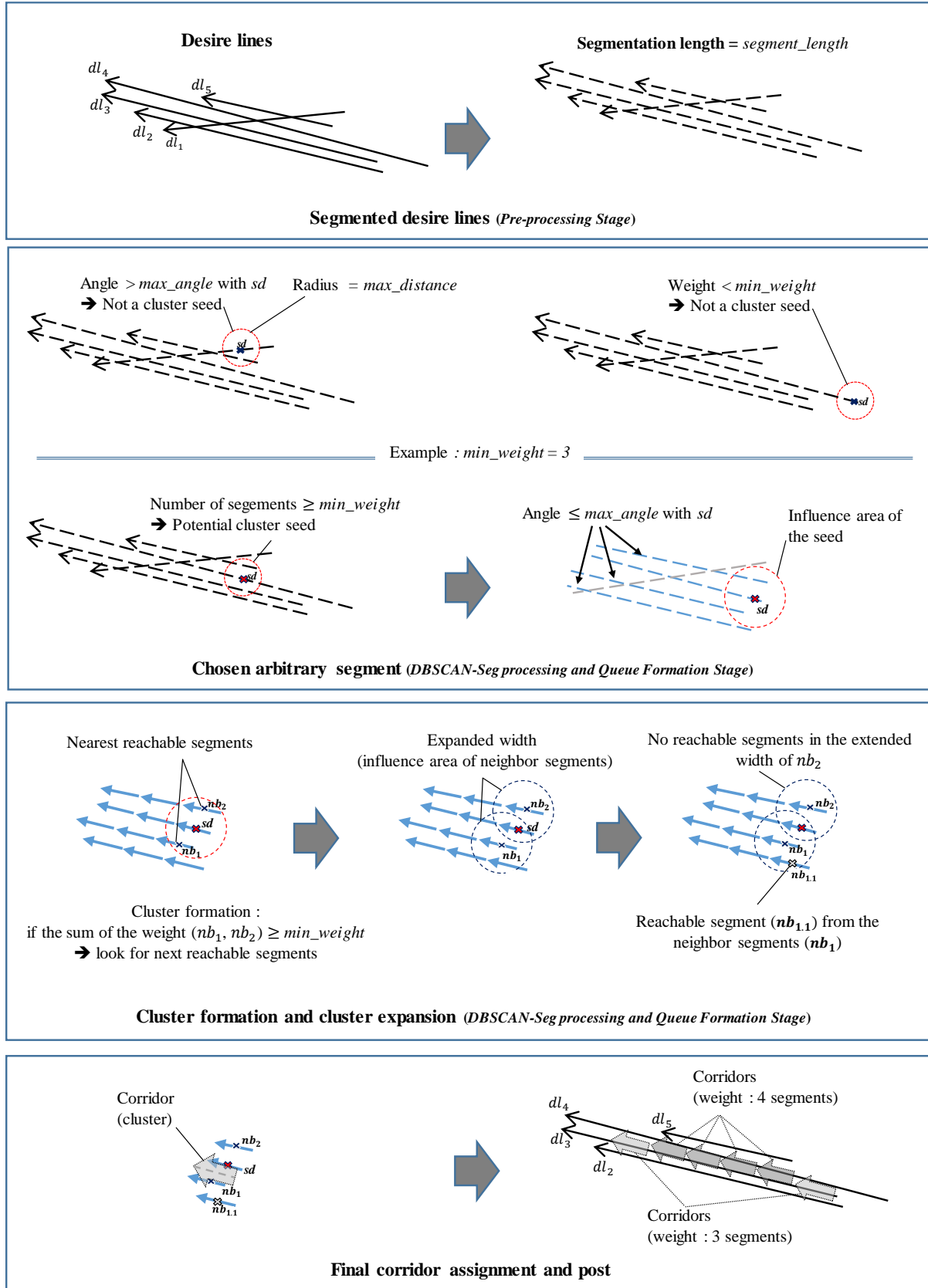


Figure 5.3: TraClus-DL processing stages

5.3.3.1 Pre-processing stage

The pre-processing stage reads each desire line from the input file and divides each line into segments of size *segment_length*. This stage is computed in Algorithm 1.

5.3.3.2 DBSCAN-Seg processing and queue formation stage

This sophisticated stage aims, by its three sub-functions, to identify the location of demand corridors; its pseudo-code is presented in Algorithm 2.

Core Cluster Formation sub-function: With DBSCAN-Seg, each desire line segment is sequentially considered as a cluster seed (*sd*). For each desire line (*dl*) that has an angle with (*sd*) below the maximum angle (*max_angle*), the minimum distance between the desire line and the midpoint of *sd* is obtained. If this distance is below the maximum distance (*max_distance*), the neighboring segment (*nb*) containing the point closest to the midpoint of *sd* is added to the candidate cluster; a desire line contributes a maximum of one segment to each candidate cluster to avoid the desire line weight being counted twice.

The sum of the weights of the neighbor segments in the candidate cluster is calculated as follows: if the sum is greater than the minimum weight (*min_weight*), this cluster is expanded, and the final cluster obtained is added to the priority queue as explained in the next two steps. Otherwise, the cluster is discarded, and no further action is taken.

Cluster Expansion sub-function: For each *nb*, the algorithm will regroup in a set all segments within the minimum distance from *nb* and whose angle is less than the *max_angle* with the original seed. If the sum of the weights of this set is above *min_weight*, segments will be added to the cluster. The cluster will continue to expand until every segment added to it has been considered in this way. It should be stressed that in this sub-function, although candidate segments are compared using the distance from neighboring segments (*nb*), but the angle always is compared with the original seed segment to ensure that the obtained corridors reflect the desire lines with similar directions.

Queue Formation sub-function: After each segment in the dataset has been considered as a seed and the sum of the weights of its expanded cluster obtained, the segments are put in a priority queue with the top priority given to the cluster with the maximum weight. Note that each segment

is considered independently as a seed for a cluster, so the clusters can and will overlap in terms of their assigned segments. The following step is used to manage this issue.

5.3.3.3 Final corridor assignment

In this final stage, the top priority cluster is popped from the queue and it is considered as a corridor segment. Then, the member segments belonging to the top priority cluster are removed from each remaining cluster in the queue, and the queue ranking is adapted accordingly. Any cluster whose sum of weights falls below the *max_weight* threshold is deleted from the queue and not considered further. This process is repeated using the next-highest cluster in the queue until every cluster has been popped or deleted from the queue. The pseudo-code of this step is presented in Algorithm 3.

5.3.4 Post Processing

The aggregation of consecutive corridors with the same direction (smoothing) can make it easier to understand travel patterns. TraClus-DL does not deliberately include a smoothing phase, since we think it is important to visualize the corridor identification raw results and then decide how the corridor pieces should be connected.

In the following sections, consecutive corridors with similar angles are connected to obtain a clearer visualisation (smoothed corridor); in other words, two consecutive corridors will be connected if they have a variance of angle less or equal to the *max_angle*.

5.4 Experimental Section

The experimental part of the research consists of two case studies that demonstrate the use of the TraClus-DL algorithm to identify demand corridors.

The first case study aims to clarify TraClus-DL functionality and implementation by using a small number of OD pairs. The second case study applies TraClus-DL to a large number of disaggregated data from the Montreal OD survey, and then illustrates some of the demand corridor's potentials for transportation planning.

The remainder of the present study presents the TraClus-DL parameters by using the following notation: *max_distance* in meters, *min_weight* in number of trips, *max_angle* in degrees, *segment_length* in meters.

5.4.1 Clarification of TraClus-DL Functionality and Implementation

TraClus-DL is applied to a small set of experimental data (12 desire lines). Figure 5.4 presents and comments on the results of this application, which uses the parameters: max_distance of 750m; min_weight of 3 trips; max_angle of 5° ; and segment_length of 100m.

Figure 5.4 (a) illustrates the 12 desire lines and Figure 5.4 (b) illustrates the segmentation phase. Figure 5.4 (c) and (d) illustrate the corridor identification results and the distinguished clustered segments. Figure 5.4 (e) and (f) illustrate the post processing (smoothing) phase in which consecutive corridors with similar angles are connected to enable a clearer visualization.

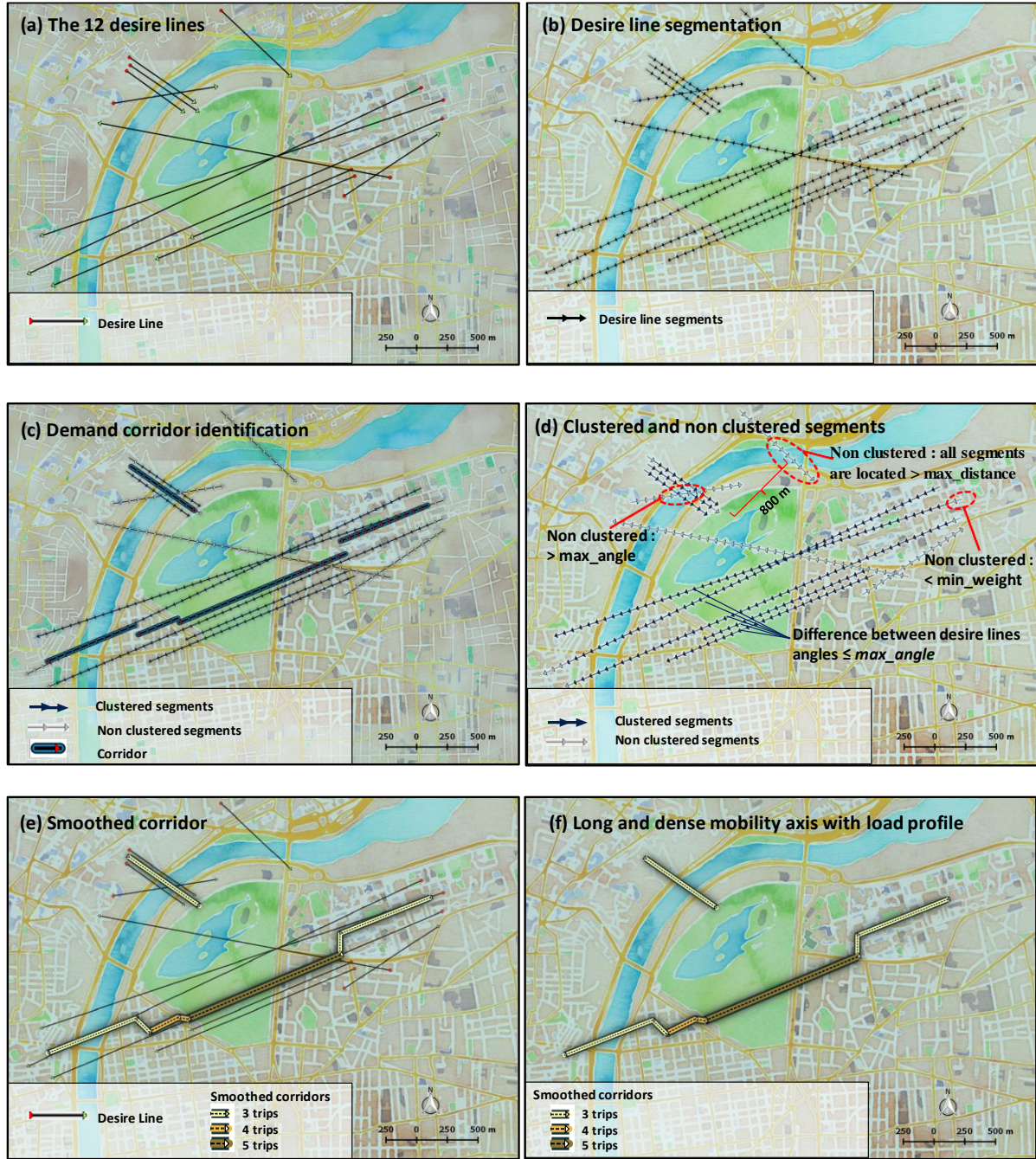


Figure 5.4: Clarification of TraClus-DL functionality and implementation

5.4.2 Assessing Transportation Supply from a Collective Demand Perspective

This case study, aiming to clarify the corridor identification methodology, consists of the following steps: objective identification; data selection; data preparation and processing; visualization and analysis of results.

5.4.2.1 Objectives

In this analysis, the objective was to identify demand corridors to highlight some of their potentials, such as synthesizing a large amount of OD data, identifying major mobility flows, and diagnosing the supply structure from a collective point of view.

5.4.2.2 Data selection

Disaggregated data from the latest available survey in the Montreal area, the 2013 OD survey, were used. In Montreal, such surveys, carried out every 5 years, gather detailed information about daily trips during a typical weekday (for the 5 years and older); sample size is around 4.5% of the population. One important output of the survey is a disaggregated OD matrix that contains information such as trip purpose and departure time. The sample is expanded to represent the reference population, and thus can be used for statistical inference. The main socio-economic details (age, gender, household size, car ownership, etc.) also are made available. More details on these surveys can be found on the Metropolitan Transportation Agency website (Agence Métropolitaine de Transport, 2013). The variables used in this study are presented in Table 5.1.

Table 5.1: Variables used from the OD survey

IPERE	Unique identifier for observed trips
D_FEXP	Expansion factor (sampling weights) that estimates the number of trips represented by each observation
D_ORIXCOOR, D_ORIYCOOR	x, y coordinates of origin point
D_DESXCOOR, D_DESYCOOR	x, y coordinates of destination point
D_MOTIF	Observed trip purpose (e.g. leisure, work, study, etc.)

For this research, we used a set of observations that represents 132,867 trips made in the morning peak period (06:32 a.m. to 09:32 a.m.) in the Laval city area (around 250 km²). Figure 5.5 illustrates the desire lines from the observed OD data.

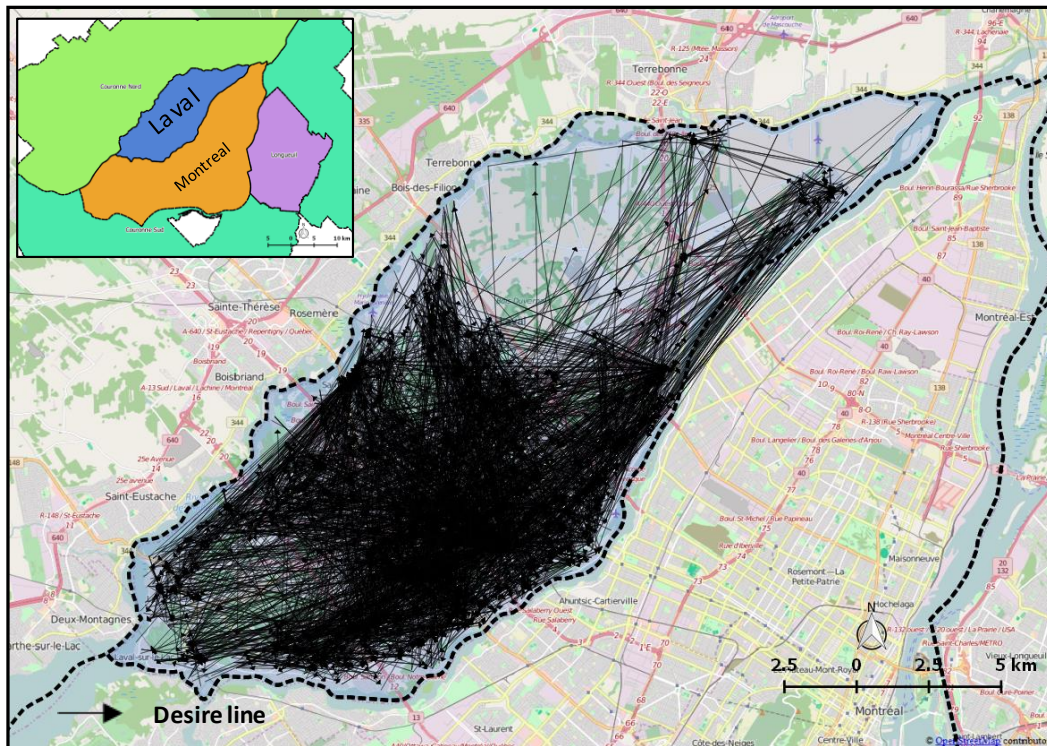


Figure 5.5: Studied trips (desire lines) in Laval city area

5.4.2.3 Data preparation and processing

TraClus-DL was applied to all of the selected OD pairs using a *min_weight* of 400 trips, which was considered to be a reasonable starting density level within a *max_distance* of 500 meters (total width of 1000 meters) and with a small maximum allowed angle (*max_angle*) of 2° degrees. For the segmentation, a *segment_length* of 250 meters was used to obtain reasonable granularity.

All these chosen parameters may be modified based on planners' objectives. The effects of parameter selection are discussed in Section five.

5.4.2.4 Visualization and results analyses

As result of corridor identification, a total of 9,390 trips were clustered with the chosen parameters. A GIS tool was used to visualize the TraClus-DL outputs. As seen in Figure 5.6 (a), the TraClus-DL outputs are sets of short corridors that carry information about associated segments.

To better visualize dense mobility axes, the consecutive corridors with the same direction were connected as presented in Figure 5.6 (b)—only corridors longer than 1 km are presented to illustrate long and dense mobility flows. In the presented corridors, each corridor clusters at least 400 trip segments. Decreasing the *min_weight* or increasing the *max_distance* or *max_angle* may increase the number of clustered trips.

As mentioned earlier, the TraClus-DL algorithm is designed to respond to a planner's vision regarding trip similarity, and does not aim only to optimize the number of clustered trips.

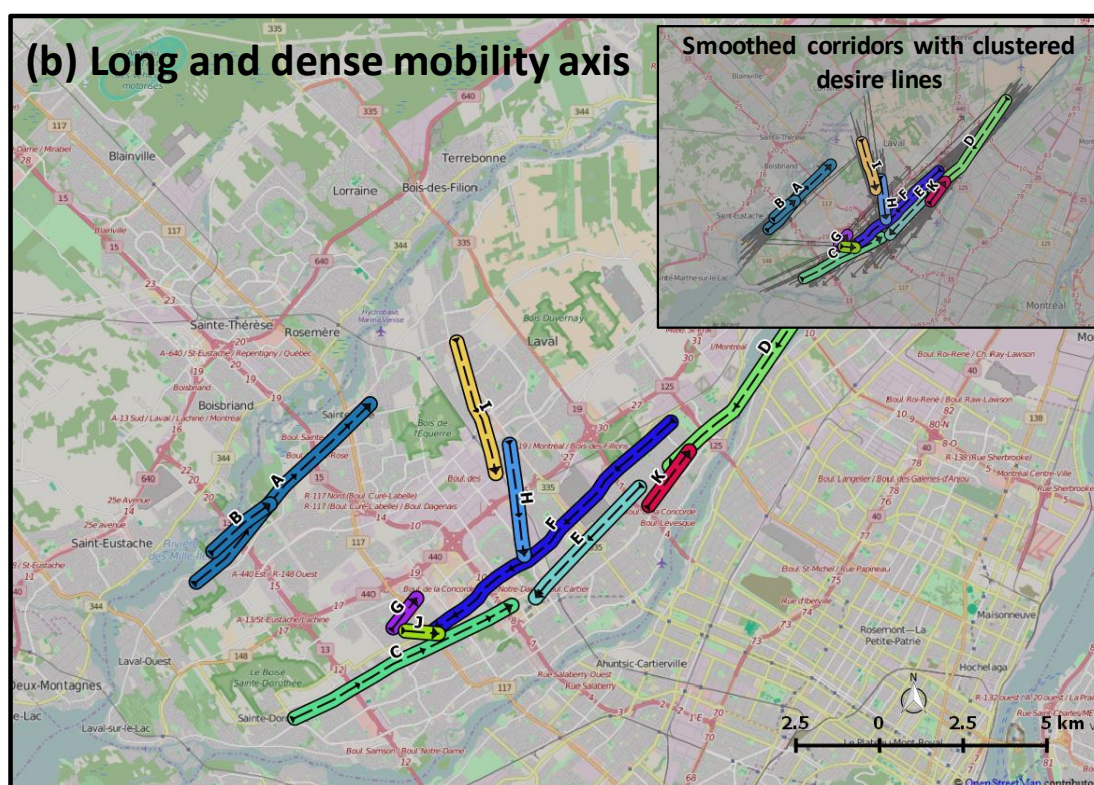
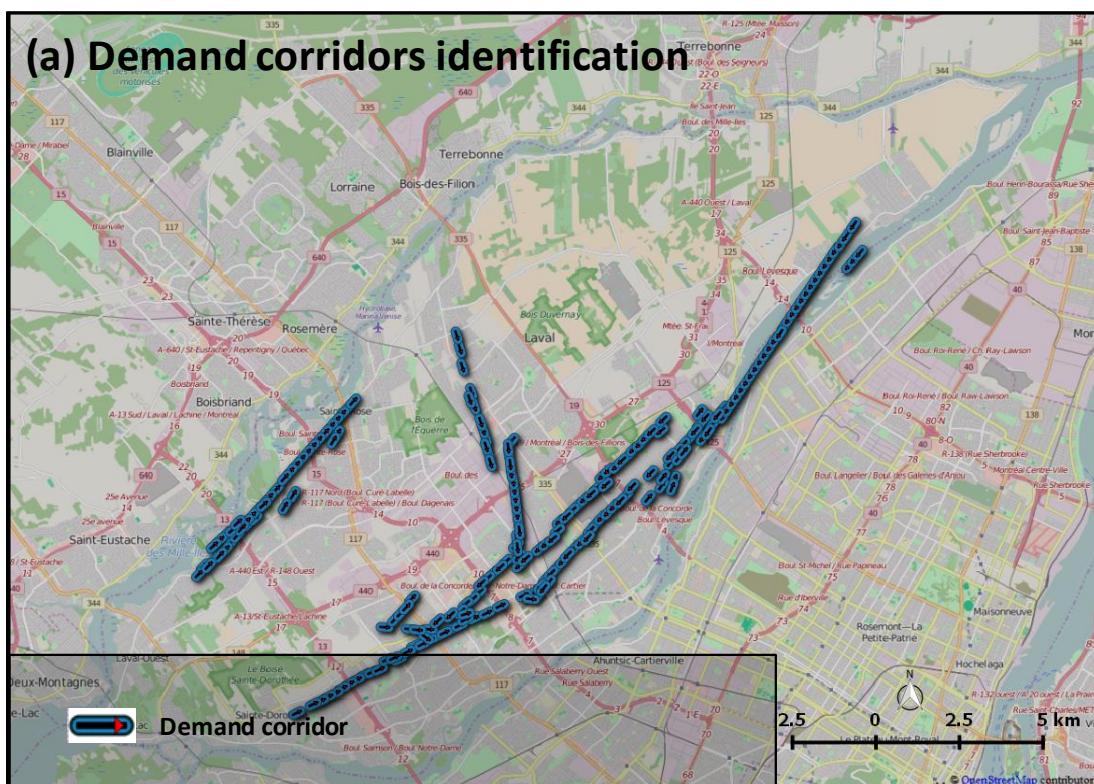


Figure 5.6: Corridor identification results

After the identification of the mobility patterns, more analyses could be done at the demand corridor level. Corridors could be characterized based on the features of the clustered desire lines. For example, an analysis of corridor D, which clustered up to 1229 trips, revealed that the main trip purposes are study and work, with 51% and 31% shares respectively. Such a corridor could be characterized as students and professionals' corridors, since such a characterization may help a planner to propose adapted strategies and actions (e.g., promoting and offering some collective services on this axis during a specified period of the day).

Corridor A and corridor B presented a more sophisticated case than corridor D, since some trips were associated with both corridors as illustrated in Figure 5.7 (a). Both corridors cluster together up to 1739 trips, with study (70%) as the primary purpose. Actually, if the *max_angle* was set at 6° instead of 2° , all trips associated to corridor A and B will be clustered in one axis.

To go further, all trips associated to corridor A and B will be analyzed with a broader vision of trip similarity. By using a *max_angle* of 6° , TraClus-DL clusters all the desire lines in one long axis, and by using a *min_weight* of 1 trip, the corridor axis tends to lengthen so to cluster more segments even in a spare area, such as presented in Figure 5.7 (b) and (c).

In addition to identifying the shape and location of dense mobility axes, demand corridors could be used as a reference unit to better understand how far transportation networks are from the theoretical collective design. Thus, we used the distortion *indicator* (DI), which is defined as the ratio between the trip itinerary distance using the supply network ($L_{supply-based\ network}$) and the desire line length ($L_{desire-lines-based\ network}$). This ratio indicates the additional traveled distance from the unprocessed individual demand, and it reflects the network efficiency in terms of how well it overcomes the distance (Frappier, 2015; Rodrigue et al., 2009).

Since the network usually is designed to satisfy collective demand, and not simply individual demand, we adapted the distortion indicator to reveal the collective standpoint by using the demand corridor concept. This adaptation uses the demand-corridor-based network rather than desire lines, and the person-km unit rather than just the distance unit, which allows us to assess how far the supply is from the collective demand. Consequently, the collective distortion indicator is calculated as the ratio between the sum of the itinerary distances using the actual network ($L_{supply-based\ network}$) and the distance using the demand-corridor-based network ($L_{demand-corridor-based\ network}$). The itinerary distances can be calculated using a path

calculation tool, whereas the demand-corridor-base network distance is calculated as the sum of the distances from the origin point to the nearest demand corridor point, the traveled distance on the demand corridor to the nearest point to the destination, and finally the distance to the destination point.

Figure 5.7(f) clarifies the concept of the collective distortion indicator and the following equation expresses the calculation:

$$\text{Collective distortion indicator} = L_{\text{supply-based network}} / L_{\text{demand-corridor-based network}}$$

To demonstrate the potential of demand corridors, one simple scenario was formulated regarding the trip mode of transport. The scenario supposes that all trips are made by car, and an online path calculation tool was used to identify the shortest path for each OD pair (Bilgin, 2016). Then, the network load profile could be calculated as represented in Figure 5.7 (d) and (e).

Confronting the supply and the demand networks results in a collective distortion of 1.12, which indicates that potentially the collective distance could be reduced by up to 12%. This information is useful for planners and decision makers looking for improvement targets, and as a priority ranking strategy. In addition, corridor location may give some indication as to where improvements are needed.

It should be noted, depending on planners' objectives, that other scenarios could be proposed and discussed with other types of indicators.

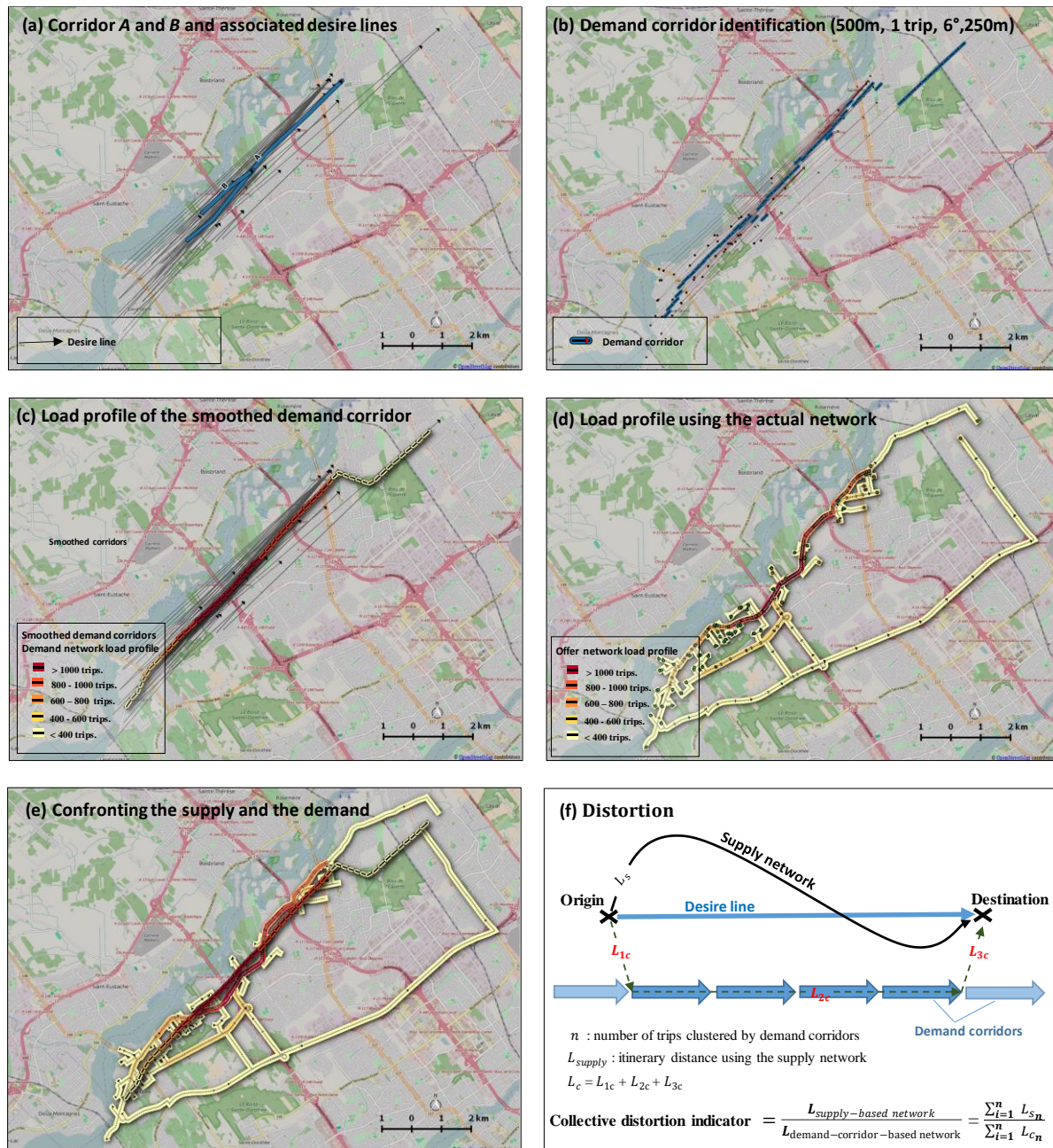


Figure 5.7: Analyzing corridor A and B

5.5 TraClus-DL Sensitivity analysis

This section aims to evaluate TraClus-DL's function and performance. As a density-clustering approach, TraClus-DL faces two challenges regarding the validation and the absence of well-defined tools to measure output quality. In the absence of a well-defined method, we used a set of desire lines (2951 trips) located in Nun's Island in the Montreal area to evaluate the effect of different parameters on the TraClus-DL outcome (Figure 5.8). The diversity of trips scattered on Nun's Island's relatively small surface enabled a better observation of results variation from using varying parameters. Next, we evaluate the results produced by TraClus-DL and compare them to those of TraClus.

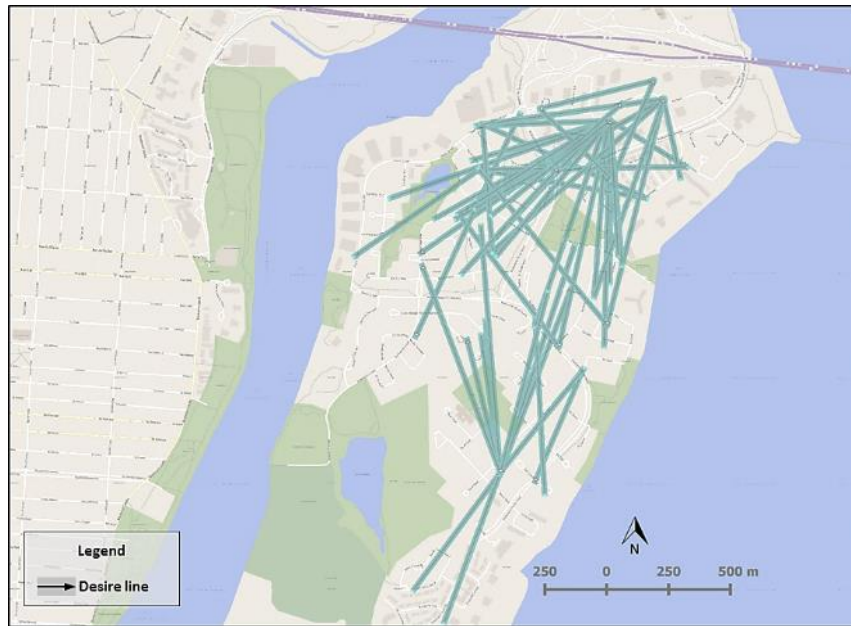


Figure 5.8: Selected trips on Nun's Island

5.5.1 Results of TraClus-DL

In this section, our objective is to evaluate the sensitivity of TraClus-DL with respect to the input parameters. The indicator selected is the percentage of total person-km that are clustered during the process; this indicator is selected because it combines the number of trips and the clustered length. The calculation results and their visualization are presented in Figure 5.9(a, b, c, d) in which we observe that:

- the *max_distance* has an impact on the area in which segments are searched for (screening zone); with a larger *max_distance*, more trips are discovered, and consequently, a higher proportion of them are clustered, and larger surfaces are covered by each corridor. The selection of this parameter was explained in the discussion of corridor width in Section 5.2.
- the *segment_length* affects precision. Short segments (small *segment_length*) improve the granularity of the results, and precision decreases as segment length increases close to the *max_distance*.
- the *min_weight* is an important input parameter; with a larger *min_weight* value, fewer corridors are discovered in the same area, and consequently, a lower percentage of trips are clustered. One factor that needs to be examined in more detail is the possible correlation between the *min_weight* and the population density in the study area, since it is a promising avenue to guide the selection of this parameter.
- the *max_angle* should not be more than 22.5° ; with higher *max_angles*, additional trips are linked to the same corridor, and consequently, more trips are clustered. The selection of this parameter is mainly related to the study's purpose and to the planner's vision with respect to defining similar desire lines. For example, a *max_angle* equal to 0 will regroup only overlaid and parallel desire lines.

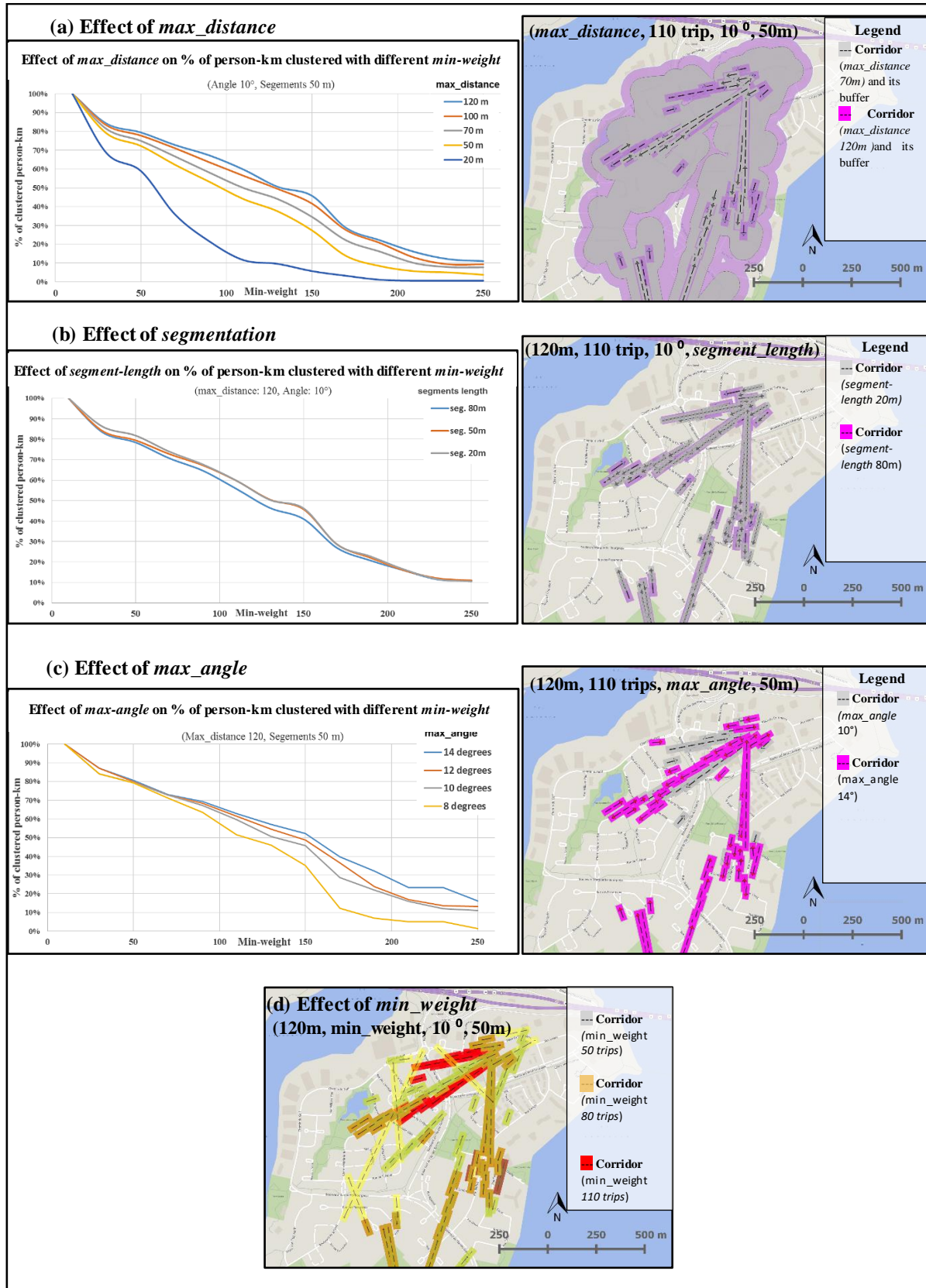


Figure 5.9: Sensitivity analysis of TraClus-DL vs input values

5.5.2 TraClus-DL VS TraClus

TraClus and TraClus-DL share one similar parameter—*MinLns* in TraClus and *min_weight* in TraClus-DL—which is the minimum number of lines or segments. TraClus calculates the similarity function (ϵ) by an equation that sums and compares many distances. This approach to calculate the similarity function makes it difficult to compare these results with those of TraClus-DL, since ϵ and *min_distance* are different. Therefore, we decided to visually compare the results with different parameters while keeping other parameters constant (same *min_weight* or *MinLns* and with a *max_angle* of 22.5°). These comparisons led to the following observations:

- With small distance parameters $\epsilon \leq 400$ and *min_distance* from 50 to 500 meters, TraClus-DL and TraClus perform alike. However, we noticed that some of the corridors identified by TraClus-DL did not appear in the corridors identified by TraClus as is illustrated in Figure 5.10 (a). In addition, it was more difficult to identify corridor influence areas and conduct deep analyses with TraClus outputs.
- With high distance parameter values ($\epsilon = 1000$ or more), TraClus has a tendency to regroup all desire lines into one long corridor, even if they have completely different directions. In contrast, the TraClus-DL outputs are logical even with a high *min_distance* (3000 metres). To illustrate this point, Figure 5.10(b) presents the results with the same *MinLns* or *min_weight*, and with high (ϵ) and high *min_distance*.

It should be noted that we attempted to add some constraints to the TraClus code to avoid the clustering of lines with different directions, but they were not effective with high values of ϵ .

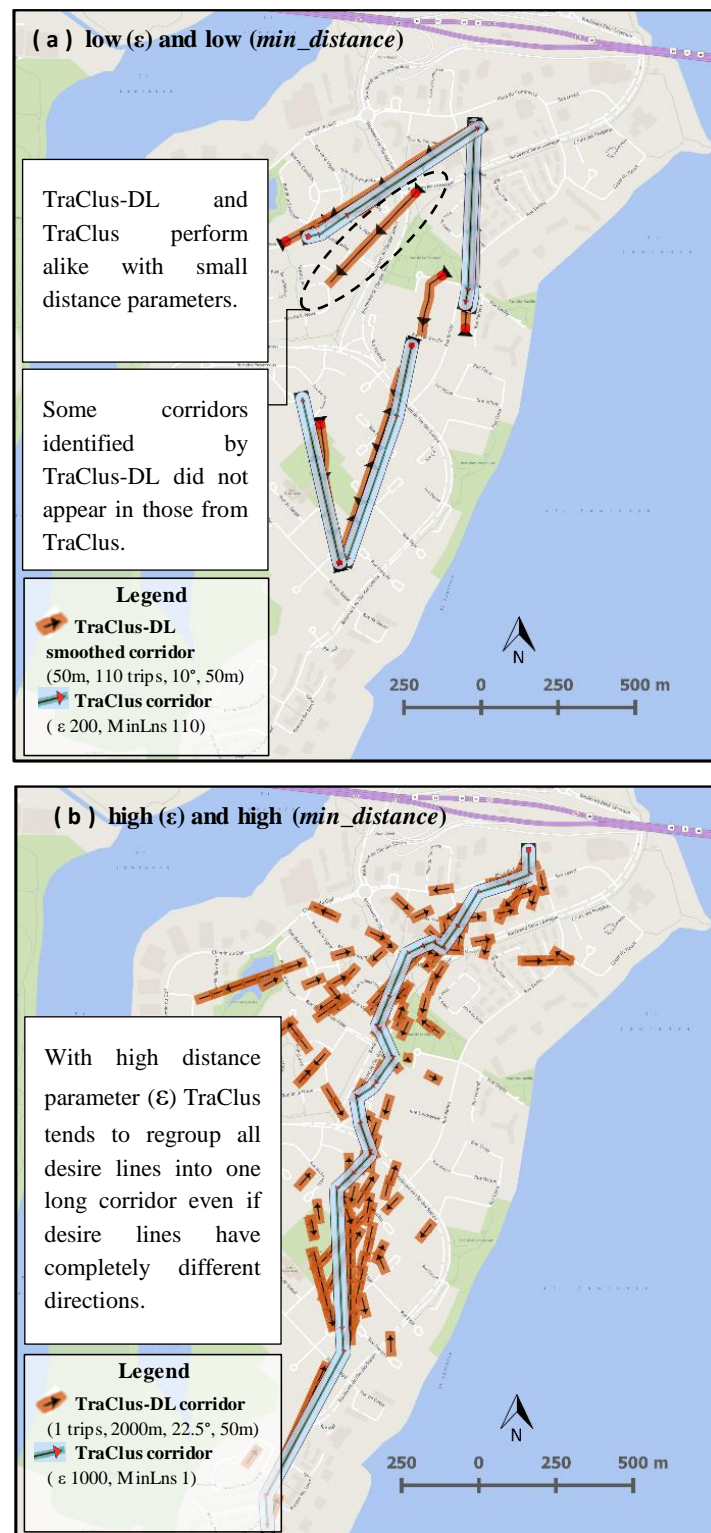


Figure 5.10: TraClus-DL vs TraClus behavior

5.6 Discussion

At the beginning of the present study, we presented the main demand corridor features, with guidelines to identify corridors. Then, we proposed our density-clustering framework, TraClus-DL, which we adapted to identify demand corridors from the unprocessed demands represented by desire lines. With its simple parameters, TraClus-DL is well-adapted for use in transportation and urban planning. The TraClus-DL structure may be seen as an adaptation of the TraClus structure to include desire lines, with the main differences being:

- TraClus-DL segments all desire lines into equal segments to simplify the detection of similarities, and it also takes the weight for each desire line as one of its inputs, so no line multiplication is required when using survey data with sampling weights.
- The input parameters of TraClus-DL are more adapted to cluster transportation demand, since they require the width of the influence area, the minimum trips required, and the maximum angle between desire lines inside a corridor.
- The TraClus-DL outputs are small corridors, where each corridor carries information about the number of trips clustered and trip features. This information is convenient for transportation specialists, since deep and detailed analyses can be performed directly at the corridor level.

By using two case studies, we clarified the demand corridor approach, and we demonstrated the possibility of using demand corridors as a collective reference unit in transportation planning and the decision-making processes. This was done by identifying and characterizing the dense mobility axes and by utilizing the collective distortion indicator that diagnose how supply meets collective demand. We argue that the many indicators used to assess the transportation supply structure at the individual level could benefit from the demand corridor approach to reflect the collective standpoint; such indicators—e.g., the Maximum Height indicator, the Angular Cost indicator, or the Pi index—are widely used in mode choice and route choice modeling to diagnose and assess an itinerary (Frappier, 2015; Jiang et al., 2012; Rodrigue et al., 2009).

The challenges related to density-clustering approaches include validation and parameter selection (Lee, J.-G. et al., 2007; Moulavi et al., 2014). TraClus-DL parameters are intuitive for planners, but sometimes a small increase may lead to a significant change in the results, so proper care should

be given to parameter selection. For future studies, an automatized parameter pre-selection step could be designed and implemented to evaluate and select optimal parameters.

Visualization needs to be an important part of corridor-based analysis and the decision-making processes, and we made use of GIS tools to better understand our results. TraClus-DL's output files enable the linking and the mapping of every desire line segment to the corridor to which it was assigned. This approach provides analysts the option to better understand precisely which desire lines have contributed to a given corridor, and to perform further analyses based on desire line properties such as age, occupation, mode of transport and gender.

Smoothing is not a part of TraClus-DL's algorithm, but we tested many smoothing algorithms, including the smoothing incorporated in the TraClus framework (Lee, J.-G. et al., 2007). TraClus' smoothing provides good results when small numbers of corridors are identified with distinctive angles. However, when a large number of corridors are presented in a small area, smoothing may deform the results, since it may connect together some corridors with different directions. Hence, a manual adjustment could be required; for future studies, other smoothing methods could be tested and integrated as an option in TraClus-DL.

Finally, we adopted a partition-and-group trajectory clustering framework. While this approach may increase the processing time, it makes possible the use of parameters that reflect transportation planners' visions regarding corridors.

5.7 Conclusions

This study has shed some light on a possible systematic methodology to define and identify corridors using disaggregated transportation demand. It provides new insights on the possible uses of demand corridors to identify and visualize dense mobility axes and to diagnose the quality of transportation supply, making it possible to evaluate how much a transportation supply differs from the collective demand.

Demand corridor identification using TraClus-DL could be conducted by using any source of past, current, or even forecasted OD data, since the algorithm only requires the OD coordinates and some simple parameters. The results would be a useful tool to identify potential development axes to improve mobility, accessibility, and even network design.

Even in the absence of a well-defined validation method, as in most density-based clustering approaches, TraClus-DL has the advantage of keeping its outputs linked to input data, which provides traceability, a better understanding of the results, and more possibilities to perform enhanced analyses.

Finally, research is currently in progress to propose new indicators that can demonstrate the full potential of demand corridors, as well as assess the integration of the temporal dimension directly to The TraClus-DL framework to provide a new spatio-temporal algorithm.

5.8 Appendices: Algorithms

Algorithm 1. Pre-Processing stage

```

01:  $od\_segments = \{\}$ 
02: for each  $od\_line$  in  $od\_lines$ :
03:    $line\_segs = od\_line$  divided into segments of  $length = segment\_length$ 
04:    $od\_segments = od\_segments \cup line\_segs$ 

```

Algorithm 2. DBSCAN-Seg processing and Queue Formation stage

```

01: segment_queue = empty priority queue
02: for each segment sd in od_segments:
03:   segment_clus = candidate cluster of segments obtained from DBSCAN-Seg using
      sd as seed
04:   if  $\text{sum\_weight}(\text{segment\_clus}) \geq \text{min\_weight}$ :
05:     insert segment_clus in segment_queue with priority  $\text{sum\_weight}(\text{segment\_clus})$ 

      input: “seed” sd, set of desire lines (od_lines), max_angle, max_distance, min_weight
      output: Cluster of lines reachable from sd

07: DBSCAN-Seg (sd, od_lines, max_angle, max_distance, min_weight)
08:   reachable_lines = Every desire line dl in od_lines where minimum distance
09:   (od_line, sd) < max_distance and angle (od_line, sd) < max_angle
      if sum of weights for reachable_lines < min_weight:
          return null
10:   neighbor_segments = for each line in reachable_lines, obtain neighbor segment n
11:   containing point closest to midpoint of sd
12:   return cluster

      ExpandCluster (sd, od_lines, max_angle, max_distance, min_weight,
13:   neighbor_segments, reachable_lines)
14:   cluster = {sd}
      for each neighbor segment nb in neighbor_segments:
15:     if n not yet in cluster:
16:       cluster = cluster  $\cup$  nb
17:       reachable_lines' = Every line od_line in od_lines where minimum distance
18:       (od_line, nb) < max_distance and angle (od_line, od_s) < max_angle
19:
20:

```

Algorithm 3. Final corridor assignment

```

01: while segment_queue is not empty
02:   pop segment_clus from queue
03:   assign segments in segment_clus to cluster c
04:    $c = c + 1$ 
05:   for segment_clus2 in queue:
06:      $to\_remove = segment\_clus \cap segment\_clus2$ 
07:      $segment\_clus2 = segment\_clus2 - to\_remove$ 
08:     adjust priority of segment_clus2, remove if weight is  $< min\_weight$ 

```

CHAPITRE 6 ARTICLE 3: DEFINING TRANSPORTATION DEMAND CORRIDORS FROM A COLLECTIVE STANDPOINT: TYPOLOGY AND POTENTIALS

Rédigé par :

Kinan Bahboub⁹, Catherine Morency et Chantal Berdier

Soumis pour publication dans :

Journal of Transport Geography,

Date de soumission initiale : 15 septembre 2015

Date de recevoir des commentaires de comité de lecture : 16 août 2016

Abstract

Corridor study is considered as a high level study in transportation planning; demand corridors, as a distinguished part of main corridors categories, identify and analyze the concentration of similar trips within a territory by using demand elements to diagnose, assess, and improve the transportation supply. Thus, the selection of the appropriate corridor type is a vital step in a demand corridor study. Since most corridor typologies rely on the presence of administrative and operational elements, only specific kinds of corridors can be identified and studied.

Origin and destination (OD) points are the simplest demand elements that can be used to identify demand corridors; nonetheless, many kinds of demand corridors can be identified with the same set of data by using different identification approaches. This paper relies on a demand corridor identification approach to propose a typology that classifies corridors into three types: inter-zonal corridors, segments corridors, and convex corridors. Then, the typology is applied by using an algorithm, TraClus-DL, on disaggregated data from a Montreal OD survey. This application illustrates the possibility of identifying the three types of corridor from the same data set, and

⁹ La contribution à l'article de Kinan Bahboub (rédaction, expérimentation, recherche bibliographique, etc.) est estimée à plus de 80%.

highlights the potential use of each type of corridor in different transportation planning levels such as identifying, analyzing and characterizes movement patterns and major collective axis and areas.

This paper defines and applies a novel demand corridor typology without any transportation supply elements, and illustrates the potentials of using disaggregated data to identify mobility patterns. In the absence of the external elements of demand, demand corridor studies offer a neutral approach to studying mobility, and the proposed typology helps with the selection of the appropriate type of demand corridors for the decision making and transportation planning processes.

6.1 Introduction

Transportation researchers and agencies are continuously trying to improve their understanding of people's travel patterns so to design, propose, and supply the most convenient transportation infrastructure and services. Corridor studies are considered to be high level studies in transportation planning, consisting of identifying and analyzing the concentration of similar trips within a territory. Therefore, it is vital to carefully select and define transportation corridors so to assess, evaluate, rate, and improve the performance of the transportation system along corridors (Bahbouh & Morency, 2014; Ohio Department Of Transportation, 2013). The corridor identification approaches depend on the use of supply elements (i.e., network and services) or demand elements (i.e., Origin and destinations (OD) points).

The corridor approach is more and more used to analyze and understand mobility. For example, in last years, many research efforts have defined and classified corridors to help planners and policy makers select the most adequate type. Most efforts have concentrated on considering corridors as urbanization, economic development, or transportation axes (Chapman, Pratt, Larkham, & Dickins, 2003), and thus the main corridor identifications and classification approaches were associated with the presence of urban centers, economic poles, or transportation infrastructure and services. For example, Curtis (2006) evaluated the transportation supply efficiency within a corridor by analyzing the influence of the urban form on travel patterns and by using the different types of corridors that have been shaped according to the composition, size, and location of urban centers. Yang et al. (2010) used network hierarchy, travel purpose, and primary network function in addition to other supply and demand elements to present a wide range corridor typology that might be used in transportation planning. Nijkamp et al. (2012) and Reggiani (1995) assessed the potential of telematics markets along corridors based on a typology that incorporates transportation network and traffic elements with environmental and socio-economic features. Other researchers (Bahbouh & Morency, 2014; Chapman et al., 2003) have studied and presented the corridor as a convex hull that encapsulates similar movements.

From the available literature, we have observed three recurring elements in corridor typology. The first element relies on the presence of supply elements even when the demand is the target element. The second element is the absence of corridor identification approach, since many types of corridors can be identified from the same set of data depending on the identification approach. The

third element relies on the nodal approach, since many studies aggregate individual data into nodes prior to corridor identification to simplify the study.

One of the main objectives of this paper is to contribute to the limited existing literature regarding the demand corridor by proposing a well-defined typology based on identification approaches. Furthermore, this paper describes some potential applications of the proposed typology for decision making and transportation planning processes by using disaggregated data.

The remainder of the paper is organized as follows. This introduction is followed by a literature review of demand corridor identification approaches. Section 3 presents our proposed typology, including a schematic illustration. Section 4 presents the experimental part of the research using three case studies. Sections 5 lay out the advantages and limitations of this study and provide a conclusion.

6.2 Background

Demand corridors encapsulate demand elements; the identification of corridors from demand elements only may be useful for answering questions on how much supply is far from demand. OD pairs are the simplest representation of demand elements. A *desire line* is the straight line connecting an origin with its destination, and it represents the shortest “ultimate” path for an OD pair. Encapsulating similar OD pairs or desire lines will lead to an identification of the weight, direction, and path of the collective demand known as a demand corridor.

In the last decade, we have witnessed the development and the adaptation of various approaches to identify and visualize demand corridors from simple OD data to avoid, as much as possible, the direct influence of the supply. The literature distinguishes three kinds of identification approaches from OD sets: (1) *zonal aggregation*, which clusters similar trips (OD points) together based on their spatial unit affiliation, (2) *partition-and-group trajectory clustering*, which divides desire lines into segments, measures similarities between these segments, and then clusters similar segments together, and (3) *whole trajectory clustering*, which measures similarities between desire lines as a whole and then clusters similar lines together.

Zonal aggregation is a widely applied approach that represents the origin-destination flow between pre-delimited units (administrative zones, grid cells, etc.). Although the flow between different units provides a global portrait of movement patterns, it suffers from the lack of accuracy as

different pre-delimited units may give different results (Adrienko & Adrienko, 2011; Nielsen & Hovgesen, 2008). Figure 6.1 (a) presents the desire lines from 839 trips in the Montreal 2008 OD survey; Figure 6.1 (b) synthesizes those trips into corridors that regroup more than 10 trips between the metropolitan sectors; and Figure 6.1 (c) illustrates the corridors that regroup more than 10 trips between the grid cells of 2,000 meters in width. As the FIGURES shows, the choice of the pre-delimited units has a large impact on the results. Detailed information about the used data is presented in Section 4.

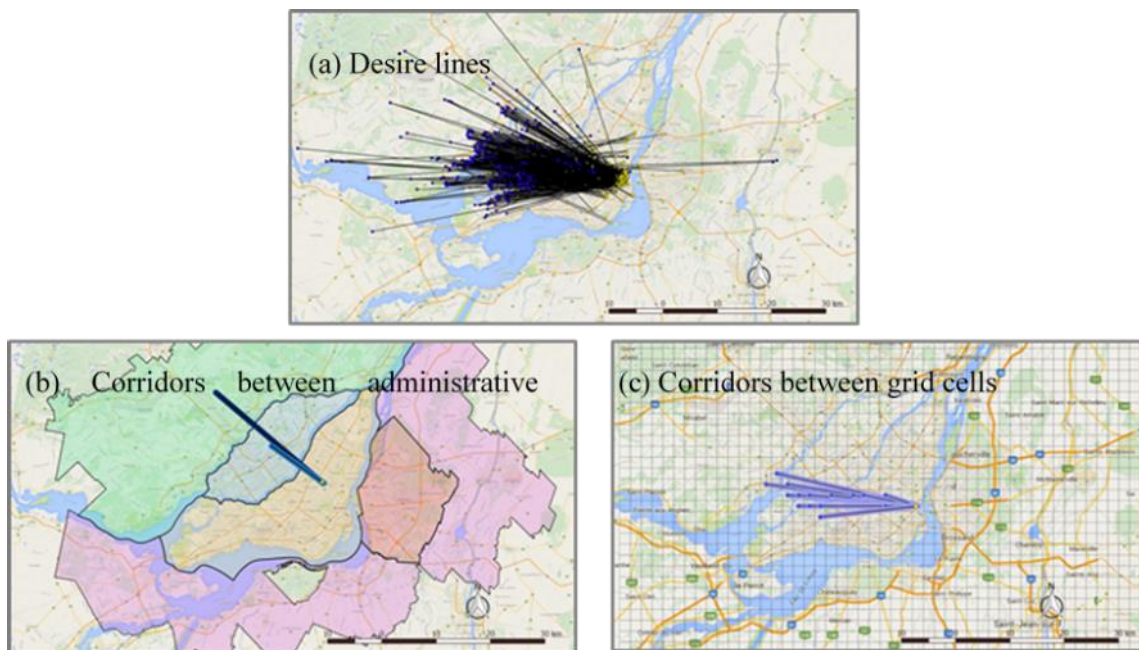


Figure 6.1: Corridors from same data set between different pre-delimited units

Some researchers have tried to tackle the disadvantage of the pre-delimited units by proposing “flexible” delimitation concepts (post-delimited) that use variables such as the density of points or the similarities of unit components to delimit the units and identify the corridors between them. For example, Voronoi polygons were used to aggregate points and detect global movement patterns (Bahoken & Olteanu-Raimond, 2013; Mota et al., 2014; Murray, 2010). In a more complex context, the algorithm TraClass (Lee, J.-G., Han, Li, & Gonzalez, 2008) identify corridors from complex trajectories by using the region-based clustering approach that delimits homogeneous zones based on the trajectories’ location and the Minimum Description Length (MDL) equation. Guo and Zhu (2014) proposed a flow data mapping algorithm for OD data by using Kernel density concept to delimit zones and the inter-zonal flow. Bahbouh et al. (2015a) showed the potential of using a derivative approach from the Trajectory Clustering for Desire Line (TraClus-DL) algorithm to

delimit zones based on movement directions before the identification of corridors. The corridor paths (axis) issued from the zonal aggregation approach can be adjusted to consider some limitations and preferences from the demand and the supply point of view. Scaparra et al.(2014) proposed to adjust the path between the origin and the destination nodes of a corridor by using the Multi-Gateway Shortest Path (MGSP) approach to determine the optimal paths for a transportation corridor across a varying landscape.

The partition-and-group trajectory clustering is another approach used to identify corridors. It divides desire lines into small segments and then clusters similar segments to form a “short” corridor. Relying on this approach, the TraClus-DL algorithm uses four metric parameters to cluster desire lines (Bahbouh, Wagner, Morency, & Berdier, 2015). Supplementary information is presented about the TraClus-DL algorithm in our experimental section.

The whole trajectory clustering approach compares the entire “whole” desire lines and then selects those that share some characteristics (e.g., crossing a spatial unit) or have a defined level of similarities. Simple and complex equations can be used to measure the similarity between two trajectories, such as the threshold distance, MDL, and longest common subsequence (LCSS) (Grünwald, Myung, & Pitt, 2005; Vlachos, Kollios, & Gunopulos, 2002). It should be noted that many algorithms that use the whole trajectory clustering approach were developed for complex trajectories, so their direct application to desire lines may not be always satisfying. The TraClus algorithm adapted an MDL equation to measure the similarities between trajectories. Moreover, although the TraClus algorithm was designed using the partition-and-group approach for complex trajectories(Lee, J.-G. et al., 2007), our experiments show that it tends to work as a whole trajectory clustering when it is applied to simple trajectories as “desire lines.”

6.3 Demand Corridors Typology

As previously noted, demand corridor component likeness is a determinant factor in identification approaches. Three main types of corridors can be proposed based on the way the likeness of the corridor components are identified: (a) *inter-zonal corridors*, (b) *segments corridors*, and (c) *convex corridors*. The description of each type is as follows:

- *Inter zonal corridors* characterize the movement between the different zones and are usually represented as a path between zone centroids. The identification process relies on

spatial aggregation using pre-delimited or post-delimited spatial units. This type of identification approach is widely used by transportation agencies to illustrate global inter-zonal mobility patterns. Figure 6.2 (a) presents an inter-zonal-corridor that envelops at least three desire lines.

- *Segments-corridors* are short corridors that characterize the dense movement portions within an area. The identification process relies on encapsulating similar segments from different desire lines to form a short corridor by using the partition-and-group approach. Connecting successive short corridors may lead to an identification of a long corridor with a similar shape to inter-zonal-corridors. This type of corridor may be used in transportation planning to optimize a collective path. Figure 6.2 (b) presents segments corridors that envelop at least three desire line portions.
- *Convex corridors* characterize the global movement pattern in an area. The identification process relies on encapsulating similar desire lines by using an equation to evaluate the similarity level between the desire lines and then regroups those desire lines within a defined level. The equation of similarity may include some desire line characteristics such as an identification of all desire lines crossing specific zones (pre-or post-delimited zones). Figure 6.2 (c) presents the convex-corridor that envelops desire lines crossing the river (a pre-delimited zone) or the corridor that envelops all desire lines crossing the zone with the highest concentration of trips (post-delimited). Figure 6.2 (d) presents the corridor that envelops a similar desire line (same direction).

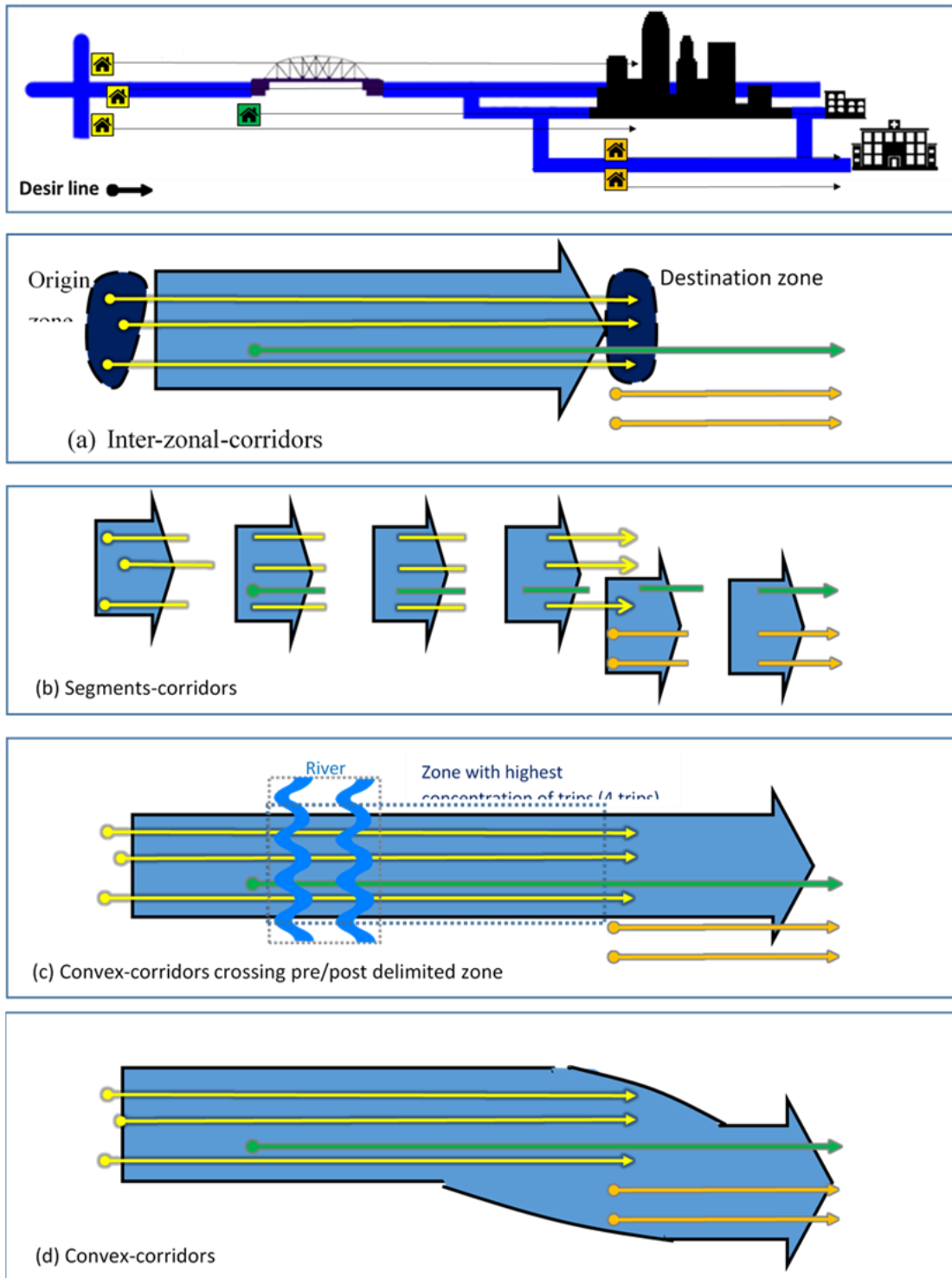


Figure 6.2: Illustration of different types of demand corridors

6.4 Methodology

The experimental part of our research aims to identify demand corridors from disaggregated OD data to clarify and illustrate the potential applications of the proposed typology.

We present three case studies to illustrate the different types of corridors. Due to the objectives and length limitation of this paper, we choose to use and adapt one algorithm, TraClus-DL, as it is designed to be applied on desire lines with clear parameters that fit transportation use.

6.4.1 Data selection and description

For simplification purposes, we selected a set of data from the Montreal 2008 OD survey consisting of 839 OD pairs (representing 21,465 trips). The set represents the observed trips that involved the use of the Deux-Montagnes train line in the morning period from 5 a.m. to 12 a.m. The Deux-Montagnes train line is a commuter line that connects Montreal City Downtown with the north-west suburbs through 12 stations. The train frequency in the morning is mainly in the direction of the Montreal downtown, and the afternoon frequency is mainly in the direction of the suburbs. Information about the train line and the selected desire lines are presented in Figure 6.3.

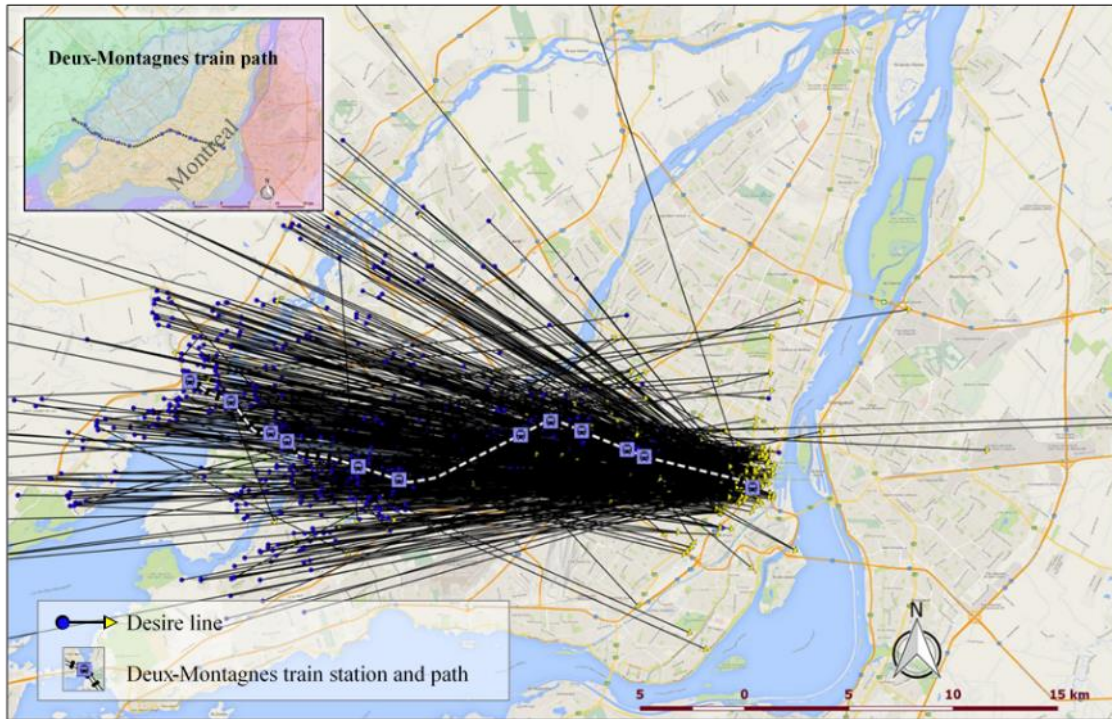


Figure 6.3: Selected data set (839 desire lines) and the Deux-Montagnes train line

The Montreal 2008 OD survey, conducted in 2008, is the latest available survey. This survey is a large-scale household travel survey conducted in the Greater Montreal Area (GMA) every 5 years, which gathers detailed information about one specific day of travel of about 4-5% of the population (5 years and older). One important output of the survey is a disaggregated Origin-Destination (OD) matrix that contains many additional specifics, including socioeconomic details, transportation mode, and the transit lines used. More information about the Montreal OD survey can be found at the Metropolitan Agency of Transportation (AMT) website (AMT, 2008). The attributes used in this study are represented in Table 6.1, and corridor identification was conducted using the observed trips (without taking into account the expansion factor); however, expansion factors will be used to characterize the mobility within corridors.

Table 6.1: Attributes used from the Montreal OD survey

IPERE	Unique identifier for trips	FACPER	Expansion factor (sampling weights)
XORIG, YORIG	x, y coordinates of origin point	MOTIF	Trip purpose (e.g., leisure, work, study, etc.)
XDEST, YDEST	x, y coordinates of destination point	MODE	Transportation mode: transit (TC), car passenger (CP), kiss and ride (KR), park and ride (PR), other (AJ)
GARE 1,2	Entrance and Exit train station	HREDE	Trip start time

6.4.2 Identification approach (TraCLus-DL)

TraClus-DL is a partition-and-group algorithm designed to identify corridors from desire lines. It divides desire lines into equal segments based on a given length (*segment_length*), and then it identifies the presence of a minimum number of similar segments (*min_weight*) in a neighborhood “radius” (*max_distance*). It measures the similarity between any clustered segment in a group (corridor) by the difference between the segment angle and the corridor axis angle, which should not exceed a defined maximum angle (*max_angle*).

TraClus-DL, similar to some other trajectory clustering algorithms such as TraClus, defines neighborhood relatively, so if an identified corridor neighborhood contains a segment (S_a), the algorithm will look in the (S_a) neighborhood for similar segments, and if a similar segment (S_{a1}) is reached from (S_a), the algorithms will extend the cluster boundaries to regroup (S_{a1}) even if (S_{a1}) was not reached in the initial buffer. This concept allows corridor boundaries to be flexible to regroup nearby similar segments. In addition, this concept tends to produce results that are deterministic. More information about the TraClus-DL algorithm can be found in the literature (Bahbouh et al., 2015).

TraClus-DL can be used directly to identify segments corridors or convex corridors; however, identifying inter-zonal corridors requires additional steps. To identify inter-zonal corridors, we rely on the *corridor* definition as an area that regroups movement in the same direction, so our objective is to delimit those areas using the origin and destination points. Thus, TraClus-DL is applied to very short segments, to equate points while keeping the direction, at the beginning and end of desire lines, so areas containing similar origin “points” or similar destination “points” will be delimited, and the sum of the desire line linking different areas can be calculated to identify corridors.

6.4.3 Corridor identification and visualisation

This section presents and illustrates the three types of demand corridors.

6.4.3.1 Inter-zonal corridors

The objective of this case study is to identify inter-zonal corridors that encapsulate at least 10 desire lines using the advantage of “flexible” boundaries, and then illustrate some of corridor potentials for transportation planning. The TraClus-DL algorithm was adapted with some additional steps as mentioned earlier; the selected input parameters are: (a) `segment_length` of 1 meter to equate the origin and destination points; (b) a `min_weight` of 5 segments to enhance the possibility of finding a corridor of 10 observations; (c) a `max_distance` of 500 meters, and a `max_angle` of 5° degrees (an angle equal to 0 indicates parallel segments); this angle corresponds to the allowed maximum angle between a corridor axis and any clustered desire lines. In the previous grids example, Figure 6.1(c), a total number of 230 desire lines were clustered, and the angles between the desire lines and corridor axis were between 5° and 19° degrees.

The results from using the adapted TraClus-DL algorithm are 12 corridors regrouping 299 desire lines (representing 7,727 trips). Figure 6.4 (a), (b), and (c) illustrates the origin and destination zones, clustered desire lines, and the 12 inter-zonal corridor axis.

Corridors in Figure 6.4 (c) illustrate the spatial movement patterns. Each corridor cluster a group of very similar or “identical” demands from a spatial point of view. Adding other variables may generate some ideas about the potential use of this type of corridor in transportation planning. The departure time, entrance station, and access mode were linked to each corridor. Figure 6.4 (d) illustrates the number of trips clustered in each corridor and trip distribution using departure time. It is clear that most trips started between 7 and 9 a.m. in all corridors, so a collective supply may be offered to facilitate or enhance the accessibility to a train station within this period.

Figure 6.4 (e) and (f) illustrate corridor n°3, which regroups 21 desire lines (representing 564 trips). This corridor connects an origin zone of 1.2 km² surface to a destination zone of 4 km² surface. People in this corridor access the train by using one of two train stations, and the dominate access mode to them is Kiss and Ride (KR). The similarity of the origin, destination, departure time, and access mode may open the discussion about identifying susceptible clients for collective services to access a station or to propose a collective supply in case of train dysfunction. In addition, comparing identical trip feedbacks may help to evaluate the quality of service. In the new Montreal OD survey, conducted on late 2013, a variance regarding the trip duration was added. Identical trips may be analyzed to identify different alternatives or even to evaluate any network bottlenecks in certain axis during different times of the day without direct information from the supply.

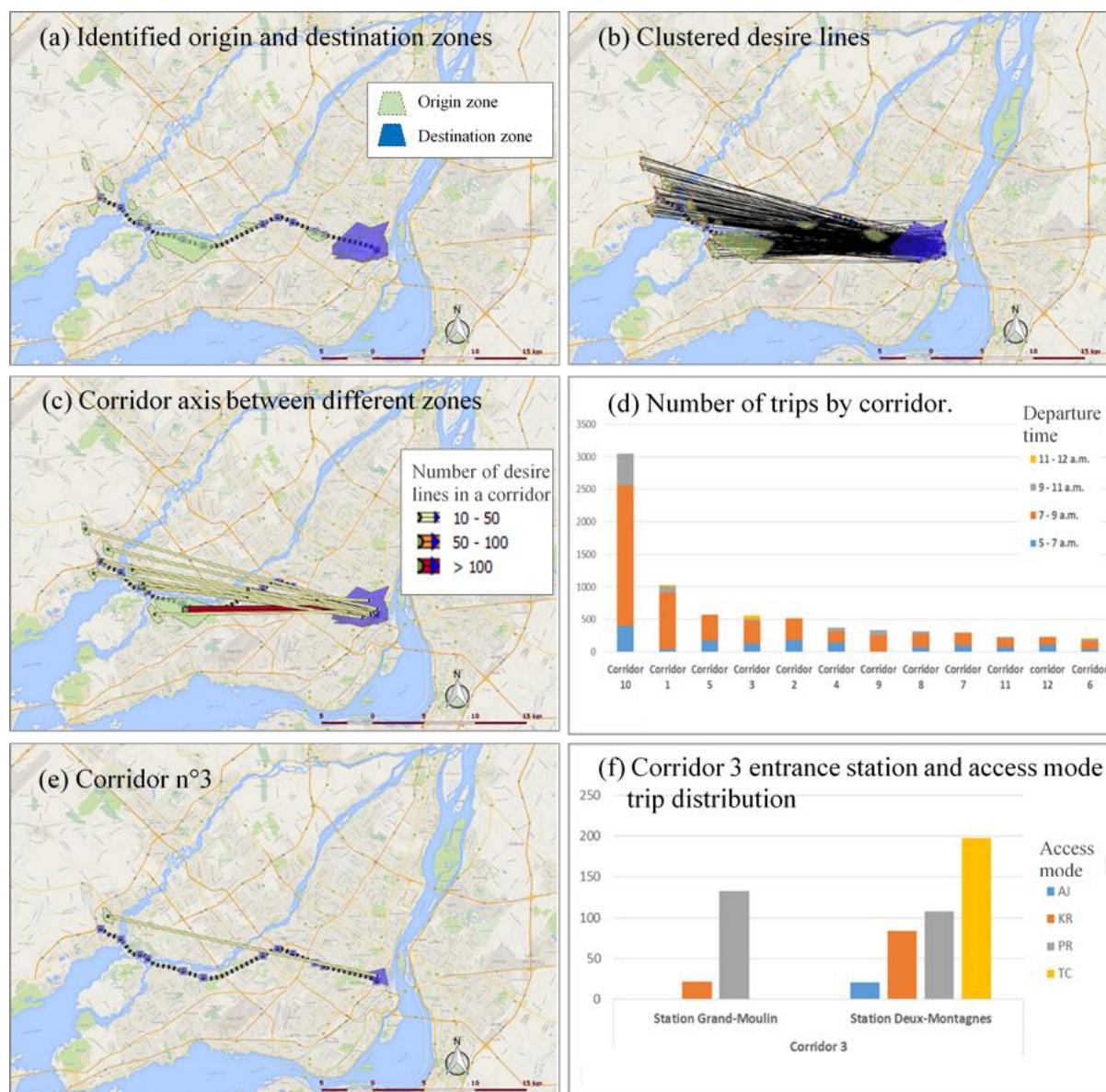


Figure 6.4: Inter-zonal corridors

6.4.3.2 Segments corridors

This case study aims to compare the shape of the supply corridor with the one identified by the demand only. The TraClus-DL algorithm, was applied with an optimal parameter to regroup desire lines in few number of axes, so a segmentation of 1,000 meters and a max_angle of 22.5° degrees that corresponds to the maximum angle that prevents the clustering of two desire lines with an angle difference of 90° degrees in the same corridor were selected. A wide max_distance of 2,500 meters and a min_weight of 50 also were selected to reduce “noise” corridors. Figure 6.5 (a)

presents the results, which are short corridors with at least 50 segments. The maximum number of segments clustered in a corridor is 750 from the 839 desire lines. Connecting short corridors (smoothing) allowed us to easily compare the shape of the train path with the demand axis as illustrated in Figure 6.5 (c).

As shown in Figure 6.5, the train axis has a similar shape than the demand corridor axis with some deviation in the middle. To measure the similarity between the two polygon shapes, we used the LCSS approach tested by Mohamed and Saunier (2015). We selected 15 different points along each corridor axis and we calculated the distance between those points and evaluated the similarity level by using an acceptable reference distance (buffer). The results show that the two polygons have a similarity level of 46% with a buffer of 1 km, 67% for 1.5 km and 80% for 2.5 km buffer.

In addition to clustered desire lines, it would be interesting to identify non-clustered desire lines. Figure 6.5 (d) illustrates the 56 non-clustered desire lines (representing 1,514 trips). The next section characterizes the coverage area and direction of the non-clustered desire lines by using convex-corridors.

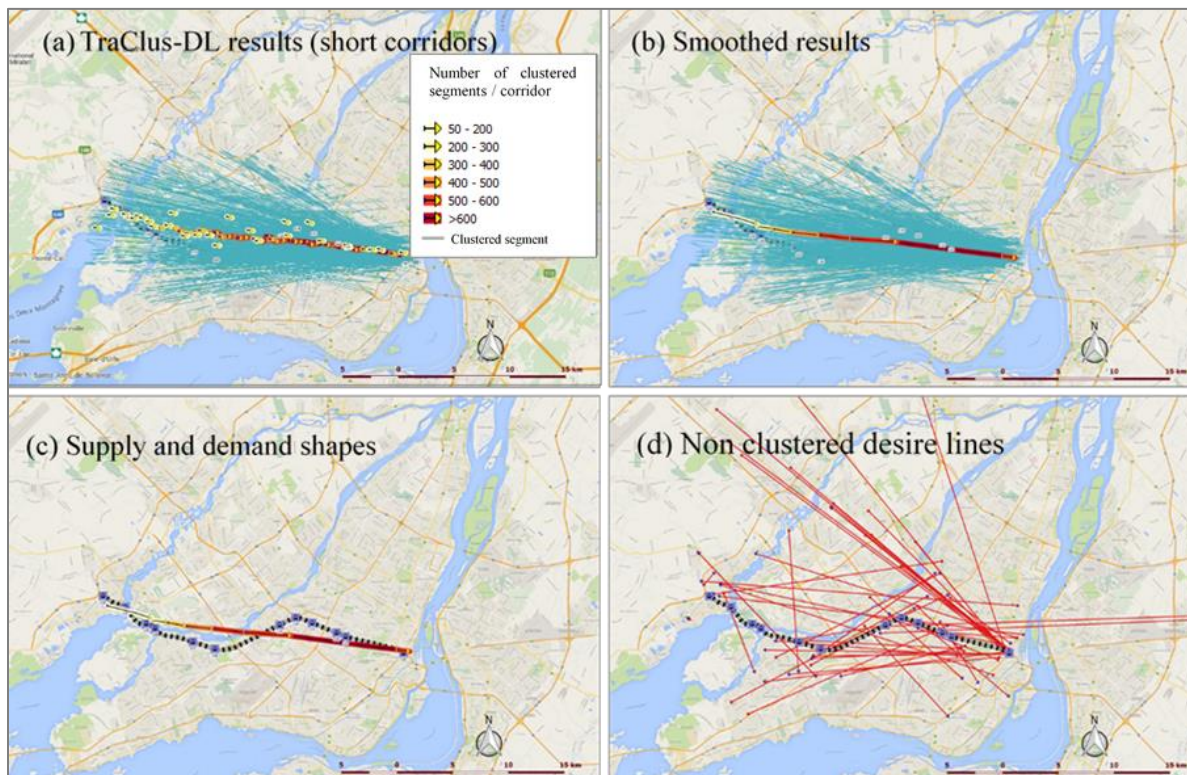


Figure 6.5: Segments corridor

6.4.3.3 Convex-corridors

This case study aims to identify and characterize the major travel-shed of the 56 non-clustered desire lines from the previous case study. We applied TraCLUS-DL with the same previous study parameters with the exception of the `min_weight`, which was defined as 5 segments, since there are only 56 possible segments. As a result, four major axis are identified as illustrated in Figure 6.6 (a). In this study, we defined a convex corridor as the corridor that encapsulates all the desire lines associated with a major mobility axis (dense area). Figure 6.6 (b) illustrates the four convex hulls.

A classification based on the number of trips clustered or the density of trips may help to characterize the importance of corridors. Figure 6.6 (b) and (c) illustrate a color-based classification based on the number of trips and the density of trips in the corridors. More detailed characteristics may be analyzed, such as the age and the motif of corridor users. Figure 6.6 (d) and (e) show some of the mobility characteristics of corridor n°1. This identification and classification is adapted for high level transportation studies where transportation corridors need to be selected and prioritized in order to perform deep and detailed analyses.

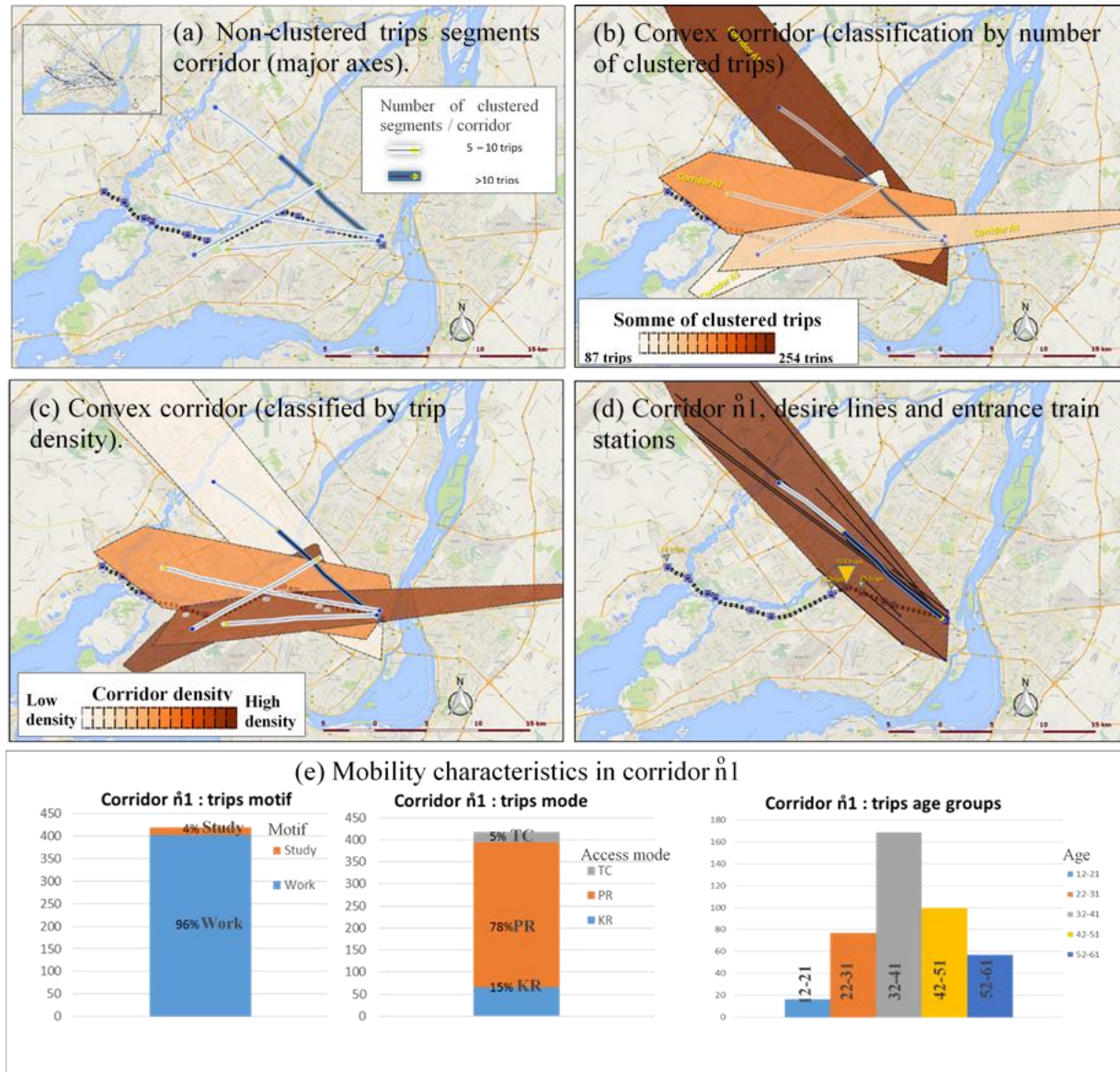


Figure 6.6: Non-clustered trips and convex corridors

6.5 Discussion and Conclusion

At the beginning of this paper, we proposed and defined a demand corridor typology based on different demand corridor identification approaches. We then illustrated the three different types of corridor by applying and adapting an algorithm, TraClus-DL, to a set of data from the Montreal area. With the help of an experimental study, the paper clarified the potentials for using each type of corridor at the different levels of policy making and transportation planning.




Convex corridors identify global collective movements axes (oriented areas), which may profoundly help in the selection process of the areas to be studied and analyzed. Identifying and studying segments corridors in a convex corridor helps to represent the portions of the demand that can be regrouped so to reduce the collective demand distance and identify the potential development axes and diagnose the transportation supply. The inter-zonal corridors identify groups of very similar or identical movements, which may help to simplify the selection of groups where the implementation of collective improvement measures have the bigger influence. In addition, analyzing the feedback from identical groups may help to evaluate the quality of the supply.

The experimental part of the present study confirmed the applicability of the proposed typology. One algorithm (TraClus-DL) was applied and adapted, although other algorithms, mentioned in the literature review, may be applied and tested. However, each algorithm has its own structure, inputs, and similarity equation. We selected TraClus-DL because it is adaptable to identifying all types of corridors from desire lines, and it requires simple parameters that fit transportation use. We did not discuss the advantages and the limitations of the algorithm, since they were not part of the objectives of the paper. Nonetheless, more information about the algorithm's function and characteristics can be found in the literature.

Although we used data from the available disaggregated OD survey done in the Montreal area in 2008, other sources of real or forecasted data (GPS, smart card, survey, etc.) may be used as long as OD points are present. Each source may have its unique variants, so different level and types of analyzes may be performed.

The Table 6.2 outlines some of the advantages and limitations of each type of corridor.

Table 6.2: Advantages and limitations of corridors types

Approach/type	Advantages	Limitations
Inter-zonal corridor 	<p>Regroup and identify identical trips;</p> <p>Analyzing and comparing identical trips may help to diagnose network, to detect malfunctions and to propose services that may satisfy a group of users.</p>	<p>It is hard to define when trips may considered as identical, addition factors such as start time, duration, or social cost may affect the definition too;</p> <p>The identification are affected by the definition of spatial units.</p>
Segments corridors 	<p>Detect portions of the path that may be shared to reduce the collective distance;</p> <p>Help in transportation supply planning and network design as travel axis and load profile are detected without a direct influence of external factors;</p> <p>May help to diagnose how supply travel far from the demand.</p>	<p>Use desire lines (ideal distance) inconsideration of environmental or technical obstacles;</p> <p>Connecting successive short corridors would be necessary to understand results;</p> <p>Corridor axis should be presented with its influence area to avoid misinterpretation.</p>
Convex corridor 	<p>Illustrate global mobility axe may help to identify and understand global movement patterns easily in a big area.</p> <p>Could be used in policy making to select trips and areas to be studied and analyzed deeply;</p> <p>May be used to identify priority intervention axes.</p>	<p>Not adapted for specific and local analyze.</p>

We summarize our contributions here as being innovative compared to other corridor typology. Our approach, supported by an experiment, provides new insights into the possible ways that demand corridors can be seen and used to understand mobility patterns so to assess, plan, and improve the transportation supply.

Our paper demonstrates that the same data set may be illustrated and analyzed differently to fit the different levels of transportation planning and decision making. The potential of using basic demand elements, and the selection of an adequate type of corridor have the advantage of providing a neutral and clear picture of the collective demand, which may help to objectively identify and prioritize potential improvement axes.

Finally, ongoing work is currently in progress to propose an exhaustive approach with the appropriate indicators to diagnose the transportation supply using different types of demand corridors.

6.6 Acknowledgments

The authors wish to acknowledge the contribution and support of the Mobilite Chair Partners (City of Montreal, Quebec Ministry of Transportation, Montreal Metropolitan Agency, and the Montreal Transit Authority). They also wish to thank the Montreal Committees on Travel Survey Data for providing access to the disaggregate data for our research purposes.

CHAPITRE 7 CORRIDORS DE DEMANDE AU SERVICE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE

Plusieurs chercheurs se prononcent quant à la possibilité d'utiliser le concept de corridors de demande dans la planification des transports et l'identification de potentielles configurations et améliorations de l'offre (Pucci, 2016; Viggiano et al., 2015).

Le nombre limité de travaux trouvés concernant l'utilisation du concept des corridors de demande nous a encouragé à proposer un cadre général d'évaluation et de diagnostic de l'offre reposant sur le concept de corridor de demande, tout en intégrant une vision orientée vers la mobilité durable.

Le présent chapitre propose un cadre d'évaluation qui structure la méthodologie générale du travail.

7.1 Cadre d'évaluation

Le cadre d'évaluation proposé repose sur quatre étapes principales illustrées par la Figure 7.1. *A contrario* des approches « classiques » pour évaluer les corridors, nous proposons d'inverser les étapes d'identification et de commencer par l'identification des corridors de demande. Cette inversion a pour objectif d'évaluer à quel point l'offre répond à la demande.

Chaque étape du cadre d'évaluation est décrite dans les sections suivantes.

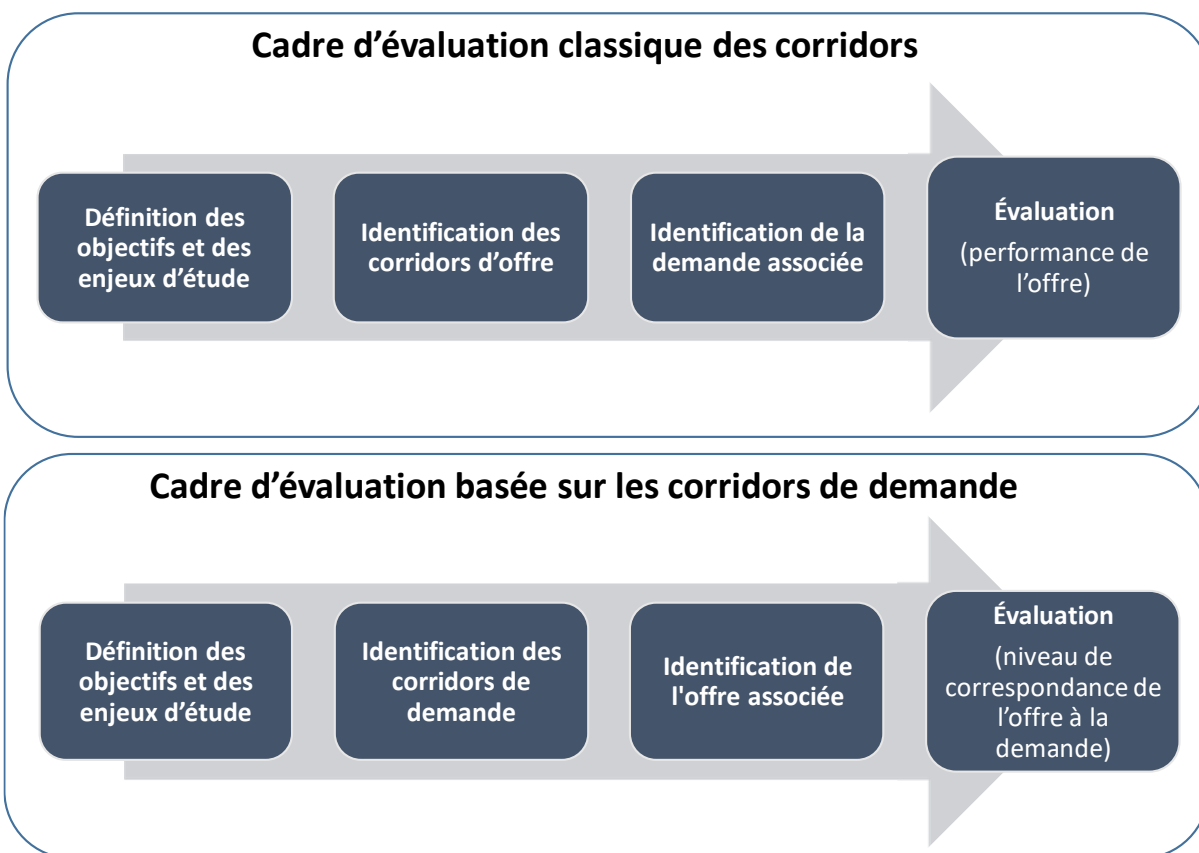


Figure 7.1: Cadre d'évaluation classique et cadre d'évaluation basé sur la demande

7.1.1 Définition des objectifs et des enjeux

Les corridors d'offre et de demande ont pour fonction principale, tant au niveau matériel qu'immatériel, de faciliter les déplacements entre les points d'origine et de destination. Les deux systèmes sont donc équivalents, ce qui a pour effet d'en légitimer l'analyse comparative.

L'unité fonctionnelle, c'est-à-dire la référence à laquelle se rapportent les calculs d'évaluation des impacts, se définit comme suit : transporter tous les passagers associés à un corridor de demande. Ainsi, une unité qui reflète à la fois les passagers et la distance parcourue (ex. passagers-km) sera privilégiée pour quantifier les différents impacts.

Dans une perspective de mobilité durable, une multitude d'enjeux pourra intervenir (Litman, 2015; Sioui, 2014). Chacun des enjeux peut être exprimé par un ou plusieurs indicateurs qui révèlent un ou plusieurs impacts. Cependant, une attention particulière doit être portée au choix des indicateurs et aux relations de cause à effet qui existent entre eux dans l'évaluation globale et ce, afin d'éviter l'amplification du poids de certains impacts (Sioui et al., 2016).

À noter que parfois, l'unité fonctionnelle seule peut ne pas refléter certains enjeux (ex. équité, changement climatique), ce qui nécessiterait l'intégration d'autres attributs reflétant les rôles secondaires du corridor (ex. véhicules-km).

7.1.2 Identification des corridors de demande

Cette étape comprend la sélection de données et le choix de l'outil et des critères d'identification.

La présence d'une source de données OD désagrégées est primordiale dans cette étape, car cette source représente la demande brute sans aucune influence directe de l'offre. Selon l'objectif de l'étude, la sélection des données peut être raffinée sans affecter la précision spatiale et la richesse des informations disponibles (ex. sélectionner les données portant sur la période de pointe).

Évidemment, le choix de l'outil a une incidence sur le paramétrage requis. Dans cette thèse, l'algorithme TraClus-DL, conçu pour identifier les corridors à partir des lignes de désir, est utilisé. Le choix de TraClus-DL en tant qu'outil est basé d'une part, sur son adaptation aux données désagrégées et d'autre part, sur ses entrants intuitifs adaptés au contexte du transport. Le fonctionnement de TraClus-DL est présenté en détails dans le Chapitre 5.

7.1.3 Identification de l'offre

Des sources de données caractérisant l'offre (ex. réseau routier, GTFS) sont nécessaires pour identifier et caractériser l'offre associée aux corridors de demande.

Les offres sont alors délimitées par rapport aux déplacements associés à chaque corridor de demande. Cette délimitation peut être bonifiée par d'autres sources telles que l'occupation du sol.

7.1.4 Évaluation

La dernière étape consiste à utiliser les résultats des étapes précédentes pour confronter la demande avec l'offre. Cette confrontation permet de mesurer et d'interpréter la variation entre les deux systèmes selon des indicateurs définis au préalable.

La littérature est riche de différentes équations qui permettent de calculer ou d'estimer le même indicateur. Le chapitre 2 présente plus d'informations sur les différents types et formules d'indicateurs dans la littérature.

Dans certains indicateurs, des hypothèses ou des scénarios concernant l'utilisation de corridors de demande doivent être formulés. C'est principalement le cas lors de l'évaluation d'aspects plus ou moins reliés aux choix techniques et opérationnels tels que la quantité de GES, la nuisance sonore, la congestion, le coût des déplacements etc.

Dans cette thèse, nous avons cherché à éviter autant que possible la formulation d'hypothèses opérationnelles en l'absence d'informations précises sur les caractéristiques et l'utilisation de l'offre. Cette précaution a été prise en vue d'éviter d'obtenir des résultats erronés.

Il est important de souligner que l'agrégation de l'ensemble des résultats, dans un indice commun afin de statuer du niveau de durabilité, est un processus distinctif et qui peut être influencé par les acteurs impliqués (sélectionner les impacts, déterminer le poids de chaque impact, etc.)

Nous présentons ci-dessous des approches pour évaluer les différents aspects de l'offre.

- **Coût des déplacements** : Le coût des déplacements peut être mesuré au niveau monétaire, en temps consommé, en distance parcourue ou autres. Dans cette approche, l'unité passagers-km reflète les coûts collectifs résumés par la distance parcourue par un ensemble de personnes dans un corridor. Cette unité peut être transformée en unité monétaire ou en temps total de déplacements à l'aide d'hypothèses formulées notamment quant à la valeur du temps et au temps de déplacement selon le mode de transport utilisé et les conditions de circulation.
- **Qualité de la structure spatiale** : La notion de distorsion de la structure de l'offre (tortuosité, éloignement, coûts angulaires, etc.) est utilisée pour formuler des indicateurs permettant de mieux comprendre la demande et le choix d'itinéraire. Le concept de corridor de demande permet d'évaluer les caractéristiques spatiales de l'offre selon une perspective collective. Le chapitre 8 met à profit le concept de corridor de demande en proposant plusieurs indicateurs qui permettent d'évaluer la structure spatiale de l'offre.
- **Équité** : L'un des objectifs de l'équité est de fournir un accès « égalitaire » aux différentes opportunités économiques et sociales à l'ensemble des individus (Sanchez, Stolz, & Ma, 2003). L'évaluation directe de l'équité en utilisant le concept de corridor de demande s'avère difficile. Toutefois, il est possible d'intégrer un facteur (poids) reflétant le niveau de vulnérabilité de chaque passager lors de l'identification des corridors de demande.

L'intégration d'une notion d'équité dans l'identification des corridors de demande est discutée dans le chapitre 9

- **Évaluation des impacts environnementaux** : Il est important de noter que les impacts environnementaux sont générés par les moyens utilisés pour effectuer les déplacements (infrastructure, véhicules, etc.). Les corridors de demande sont des objets immatériels qui n'utilisent pas de tels moyens. Ainsi, des hypothèses opérationnelles concernant l'utilisation des corridors de demande (mode utilisé, vitesse, largeur des voies etc.) doivent être formulées pour pouvoir évaluer la différence entre le corridor de demande et l'offre. Les équations présentées à la section 2.3.1.6 concernant les émissions de GES, de polluants et l'utilisation de l'emprise au sol pourront être employées. Toutefois, l'intégration des hypothèses opérationnelles pourrait nuire au rôle du corridor comme unité de référence « neutre », car ceux-ci apportent des éléments extérieurs à la demande.

Lors de cette thèse nous avons cherché à évaluer divers impacts environnementaux pour certains ensembles de données OD. Deux obstacles ont été rencontrés : la difficulté d'accès à des informations détaillées et précises sur l'utilisation de l'offre ainsi que des problématiques liées à formulation d'hypothèses opérationnelles concernant l'utilisation des corridors de demande (ex. espacement entre les arrêts, largeur des voies, etc.)

7.2 Discussion du cadre d'évaluation

Le corridor de demande agit comme une unité de référence et de comparaison de l'offre au niveau collectif. Cette comparaison permet d'évaluer et caractériser l'écart entre les différentes offres et l'unité de référence.

Plusieurs limites conceptuelles et techniques peuvent être observées lors de l'application du cadre proposé. Certaines sont en lien avec les données disponibles, la définition des limites de l'étude, le choix de l'outil d'identification, les d'hypothèses (scénarios) choisis, ainsi que la vision retenue de la durabilité et l'interprétation des résultats.

Dans la phase de définition des limites, le cadre suppose l'absence d'interactions entre la demande et l'offre. Cette limitation convient à un niveau d'étude local. Dans une démarche plus globale, les limites doivent couvrir l'ensemble des déplacements ainsi que les interactions entre les corridors.

Au niveau de l'évaluation, dans la majorité des cas, l'utilisation des indicateurs exige au préalable une adaptation pour être en harmonie avec ce cadre. En fait, les mêmes concepts utilisés pour évaluer l'offre par rapport à la demande au niveau individuel devraient être applicables à l'échelle collective en utilisant le concept de corridor de demande auquel quelques ajustements seront intégrés.

Dans certains indicateurs, d'autres unités fonctionnelles devraient être utilisées pour mieux apprécier certaines variations influencées par des choix technique (ex. unité véhicule-heures pour évaluer les GES). De plus, des hypothèses ou des scénarios concernant l'utilisation du corridor de demande doivent être formulés. La formulation d'hypothèses opérationnelles élargit le champ d'évaluation. Cependant, une attention particulière doit être portée lors de l'analyse des résultats, étant donné que ceux-ci sont influencés par des éléments externes à la demande tels que : la largeur du corridor, la capacité du corridor, les types de véhicules utilisés, la fréquence du service, etc.

En outre, un accès plus large aux différentes bases de données qui caractérisent l'offre et son utilisation peuvent faciliter le processus d'évaluation et peuvent aider à la formulation de scénarios réalistes concernant l'utilisation de corridor de demande.

En ce qui concerne la détermination d'un niveau de durabilité, l'agrégation d'un ensemble d'indicateurs qui couvrent plusieurs aspects s'avère nécessaire pour situer le niveau de durabilité du corridor. Nous référons vers la littérature discutée et mentionnée dans la section 2.3 pour plus d'informations sur le choix des indicateurs.

Plusieurs méthodes existent pour transformer un ensemble d'indicateurs en un seul indice qui statue sur le niveau de durabilité selon une vision donnée. Frappier (2015) propose d'annoter l'offre selon une équation qui pondère les indicateurs de distorsion et d'autres indicateurs de performance. Les approches d'agrégation d'impacts utilisées dans les outils de calcul de l'ACV (ex. IMPACT 2002+) peuvent être appliquées. Les approches utilisées dans les cadres de notation (ex. STARS, HQE Infrastructures, SCRS) peuvent aussi être utilisées pour caractériser le niveau de durabilité d'un corridor.

CHAPITRE 8 ARTICLE 4: WHAT IF THE NETWORK WAS DESIGNED BY THE DEMAND AND HOW MUCH DOES IT COMPLY WITH THE SUPPLY?

Rédigé par :

Kinan Bahbouh¹⁰, Catherine Morency et Chantal Berdier

Accepté pour présentation au congrès annuel de TRB en janvier 2017

Publié en 2017 dans:

The 2017 Annual Meeting Compendium of Papers, paper n.17-06443

Examiné en comité de lecture (*peer-reviewed*) par :

Standing Committee on Transportation Demand Forecasting

ABSTRACT

Network design has been qualified as the most important step in transport planning. Since the transportation supply is usually designed to fulfill collective demand, its structure should trace the Origin and Destination (OD) flow as a reflection of the ultimate goal of travelling: moving between the origin and destination points. Traditionally, the supply's spatial characteristics were examined from specific angles and the collective demand standpoint was generally a neglected angle.

The paper examines the relevance of using OD flow, represented by the demand corridors, as a reference unit in supply design. Therefore, an approach was proposed and a set of four indicators that incorporate the demand corridor as a comparison unit were constructed and adapted. The indicators assess different facets of the supply structure with respect to the demand flow through quantifying the distortion, remoteness and supply shape. The applicability of this approach was tested through the identification of demand corridors from a set of disaggregated data from the Montreal 2013 OD survey.

¹⁰ La contribution à l'article de Kinan Bahbouh (rédaction, expérimentation, recherche bibliographique, etc.) est estimée à plus de 80%.

The result demonstrates the possibility to evaluate the supply based on its level of compliance to the demand flow and it illustrated the potential of demand corridors as relevant tools for transportation planning, and in the decision-making processes in which an indicator is needed to evaluate the actual or the planned supply. Finally, the approach proposed in this paper opens the door for future areas of research regarding the use of the demand corridor as a reference unit, the formulation of new indicators, and a global index to assess the quality of the supply structure.

8.1 Introduction

The supply should trace the Origin and Destination (OD) flow which corresponds to the ultimate goal of travelling: moving from the origin point to the destination point. However, the identification of the mobility flow may not be always obvious to planners and therefore network design, which constrains the flow, may not be optimal (Bocarejo S & Oviedo H, 2012; Viggiano et al., 2015).

Still, the development of new data collection methods and sources, which has led to massive amounts of OD information and stimulated development of new data treatment techniques, has brought new opportunities to design a supply in line with the mobility flow; for example, Rao et al. (2011) identified and visualized major urban transportation axes using aggregated OD data and a data-mining method; while Pucci et al. (2015) extracted OD pairs from mobile phone data and then mapped urban movement patterns. Furthermore, some studies (Bahbouh & Morency, 2014; Bahbouh et al., 2015) have proposed to use major OD mobility axes, also called demand corridors, as a reference unit or as a tool in supply design and improvement.

However, the use of demand corridors in supply design lacks a well-structured approach using indicators benefitting from the spatial characteristics of demand corridors.

One of the main objectives of the present study is to examine the relevance of using the demand corridor as a reference unit in supply design. Furthermore, this study constructs and adapts some indicators that incorporate demand corridor as a “fair” comparison unit to assess the adequacy of transportation supply structure with respect to the demand.

The remainder of this study is organized as follows. The following section provides a review of the supply structure measures. The third section presents the research methodology and proposes an approach to assess the supply structure; while the fourth section tests the applicability of the proposed approach. The last two sections discuss the advantages and limitations of this study, and provide a general conclusion.

8.2 Related work

Many researchers (Ceder & Wilson, 1986; Viggiano et al., 2015) have described network design as the first and most important step in public transport planning. Methodologically speaking, the individual’s ultimate goal is to travel from a given origin to a given destination; therefore, network

structure should follow the direct line connecting the origin and destination points, which is called a desire line.

Several measures benefit from desire lines to evaluate the network structure and to qualify the travel experiences, including the *distortion (tortuosity)*, the *maximum height*, and the *angular cost* indicators (Frappier et al., 2015; Raveau et al., 2011; Rodrigue et al., 2009). The *distortion indicator (DI)* is defined as the ratio between the trip itinerary distance and the desire line distance; this ratio indicates the additional traveled distance from the shortest path. The *maximum height indicator (Hmax)* expresses the “remoteness” experienced using the supply and it is defined as the greatest perpendicular distance between the trip itinerary and the desire line; while the *angular cost* gives an indication of the route’s directness by measuring the angle between different route segments and the desire line.

Furthermore, other measures benefit from graph theory and social science to evaluate the network structure performance; for example, the Pi index (Rodrigue et al., 2009) is used as an indication of network development (complexity) level; whereas others (Deng et al., 2013; Isla & Teknomo, 2016) have measured network vulnerability or robustness through assessing the network connectivity and reachability.

In the available literature, we observed three recurring elements: the use of the desire line as a reference unit to assess the network’s disadvantages at the individual level, the absence of a reference unit at the collective level, and the lack of metrics reflecting how well the supply structure responds to the collective demand (Deng et al., 2013).

Since the transportation supply is usually designed to fulfill collective demand, the demand corridors, which encapsulate individual desire lines, could be used as a reference unit to develop some useful indicators that assess the supply structure. With this in mind, a corridor identification approach should be adopted and a set of indicators should be defined accordingly.

8.3 Research methodology

The proposed approach builds on the concept of demand corridors to assess the supply structure through the identification of demand corridors and the analysis of the supply structure’s weaknesses from the collective demand standpoint.

8.3.1 Corridor Identification

Only a few tools can be found in the literature to identify demand corridors from desire lines. Bahbouh et al. (2015) proposed an algorithm, called TraClus-DL, designed to identify demand from disaggregated OD data. The algorithm requires the definition of four simple parameters adapted to transportation planning: the minimum number of similar desire lines required to create a corridor (*min_weight*); the screening radius (*max_distance*); the maximum accepted angle between desire lines within a corridor (*max_angle*); and the segmentation length (*segment_length*).

TraClus-DL segments all desire lines into equal segments in reference to *segment_length* and then identifies similar groups of segments in reference to *max_angle* and to *max_distance*; if the number of segments in a group satisfies the *min_weight*, the algorithm will identify a corridor. The TraClus-DL results are sets of small corridors; the connection of consecutive small corridors leads to long demand corridors (axes). TraClus-DL links the inputs to its outputs offering the possibility to conduct deep analyses at the corridor level; more information about the algorithm's functionality and parameters are available in the literature (Bahbouh et al., 2015).

8.3.2 Structure Analysis

The demand corridor could be seen as the collective equivalent of a desire line. Thus, an adaptation of the existing indicators is needed to fit the demand corridor concept.

The adaptation should consider two issues. First, demand corridors and supply corridors may not start and end at the same points. The second issue concerns the representability, as the demand corridor represents a group of "similar" desire lines that may start and end at different points (Bahbouh & Morency, 2014). The first issue was tackled by adding a penalty corresponding to the gap between the demand and supply corridors to prevent small supply to be considered more efficient than a longer demand corridor. For the second issue, we used the volume of the trips (e.g. passenger-km) instead of the traveled distance (e.g. km) to reflect the magnitude of the distance unit. The proposed indicators, clarified in Figure 1, are the following :

- The *collective distortion indicator (CDI)* is defined as the ratio between the demand corridor volume and the supply corridor volume. The volume is expressed in (passenger-km) to reflect the traveled distance and the number of trips associated to the distance unit.

In addition, two values were added to reflect the “non-efficiency” of the supply if it starts or ends in different points than the demand corridor.

The CDI is a ratio of a value greater than or equal to 1, the greater the value is, the poorer the supply’s performance is from the collective demand standpoint. Equation 1 expresses the calculations:

$$CDI = \frac{\text{supply corridor volume}}{\text{demand corridor volume}} + \alpha + \beta \quad (1) \quad \text{where:}$$

$$\text{Supply corridor volume} = \sum_{i=1}^n SS_i \times \text{Trips. } ss_i$$

$$\text{Demand corridor volume} = \sum_{i=1}^m DS_i \times \text{Trips. } ds_i$$

n : number of supply corridor segments;

m : number of demand corridor segments;

SS_n : length of the supply segment ***n***;

DS_i : length of the demand corridor segment;

Trips. ss : number of trips associated to ***SS_n***;

Trips. DS_i : number of trips associated to ***DS_i***;

α : penalty (***α*** ≥ 0) if supply starts at different point than demand corridor; and

β : penalty (***β*** ≥ 0) if supply ends at different point than demand corridor.

In our study, ***α*** and ***β*** were estimated as clarified in Figure 8.1.

- The *collective remoteness indicator* (CRI) calculates the surface encapsulated by demand corridor and the supply corridor (concave hull). We opted to use the surface instead of the maximum height as it expresses the total remoteness of the supply from the reference unit. To express the collective demand, the concave hull was partitioned and each portion of the concave was associated to the number of trips that it represents.

The CRI is a value greater than or equal to 0, the greater the value is, the more the supply axis deviates from the collective demand axis. Equation 2 expresses the calculations:

$$CRI = \sum_{i=1}^p \text{surface}_i \times \text{Trips. surface}_i \quad (2) \quad \text{where:}$$

p : number of partitions;

surface : partition surface; and

Trips. surface : number of trips associated to the partition.

Figure 1 clarifies the collective distortion indicator and the collective remoteness indicator concepts.

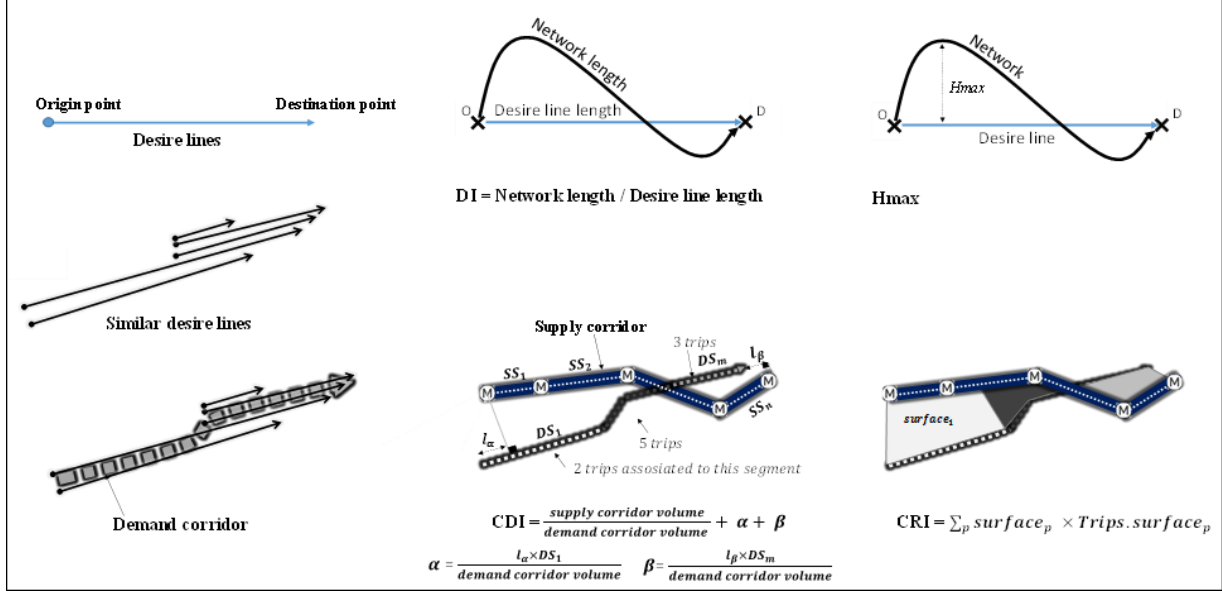


Figure 8.1: Network structure assessment indicators

In addition, the supply shape can be assessed from the demand corridor standpoint. The following are some of the available measures (trajectory similarity) that can be used to rank the supply shape:

- The Longest Common Subsequence Similarity (LCSS) approach was used in the literature to assess the similarity level between two trajectories (Mohamed & Saunier, 2015). We refer to the minimum value required to consider two trajectories 100% similar using LCSS approach as $LCSS_{100\%}$. In other words, $LCSS_{100\%}$ represents the minimum radius allowing each point from the demand to be reached, at least, one point from the supply. The $LCSS_{100\%}$ could be considered as a way to score the remoteness and the difference in distances between two forms. The less the value is, the more similar the trajectories are to each other.
- The *Overall similarity index* (OSI) is built on the work of Lee et al. (Lee, J.-G. et al., 2007) who proposed a formula to measure the similarity between two complex trajectories. The formula computes and aggregates the perpendicular distance (d_{\perp}), the parallel distance ($d_{||}$), and the angle distance (d_{θ}) in one equation.

The OSI is another indicator to score the similarity between the supply and the demand. The less the value is, the more similar the trajectories are to each other. More information about the formulation of each distance can be found in the literature (Lee, J.-G. et al., 2007).

8.4 EXPERIMENTAL SECTION

The experimental section aims to clarify the applicability of the proposed approach with the use of real data. Hence, we applied the proposed approach to a set of disaggregated data from the Montreal 2013 OD survey.

In Montreal such surveys, carried out every 5 years since 1970, gather detailed information about daily trips during a typical weekday of some 4.5% of the population. One important output of the survey is a disaggregated OD matrix that contains detailed information about the trips and socioeconomic details. More details on these surveys can be found on the website of the Montreal Metropolitan Transportation Agency (AMT, 2016).

For this study, we use a set of 6,659 observations representing 174,974 trips made within the Island of Montreal using only the metro (subway). Each observation is weighted by the number of trips it represents. The metro network within the Island of Montreal consists of the Blue, Green, and Orange Lines, which have a total of 63 stations. Figure 8.2 presents the study area, the observed desire lines and the metro network.

The variables used in this study are:

- IPERE: observation unique identification;
- D_FEXP Expansion factor (sampling weights) that estimates the number of trips represented by each observation;
- D_ORIXCOOR, D_ORIYCOOR: origin x, y coordinates (Modified Transverse Mercator coordinate system, North American Datum 83); and
- D_DESXCOOR, D_DESYCOOR: destination x, y coordinates (Modified Transverse Mercator coordinate system, North American Datum 83).

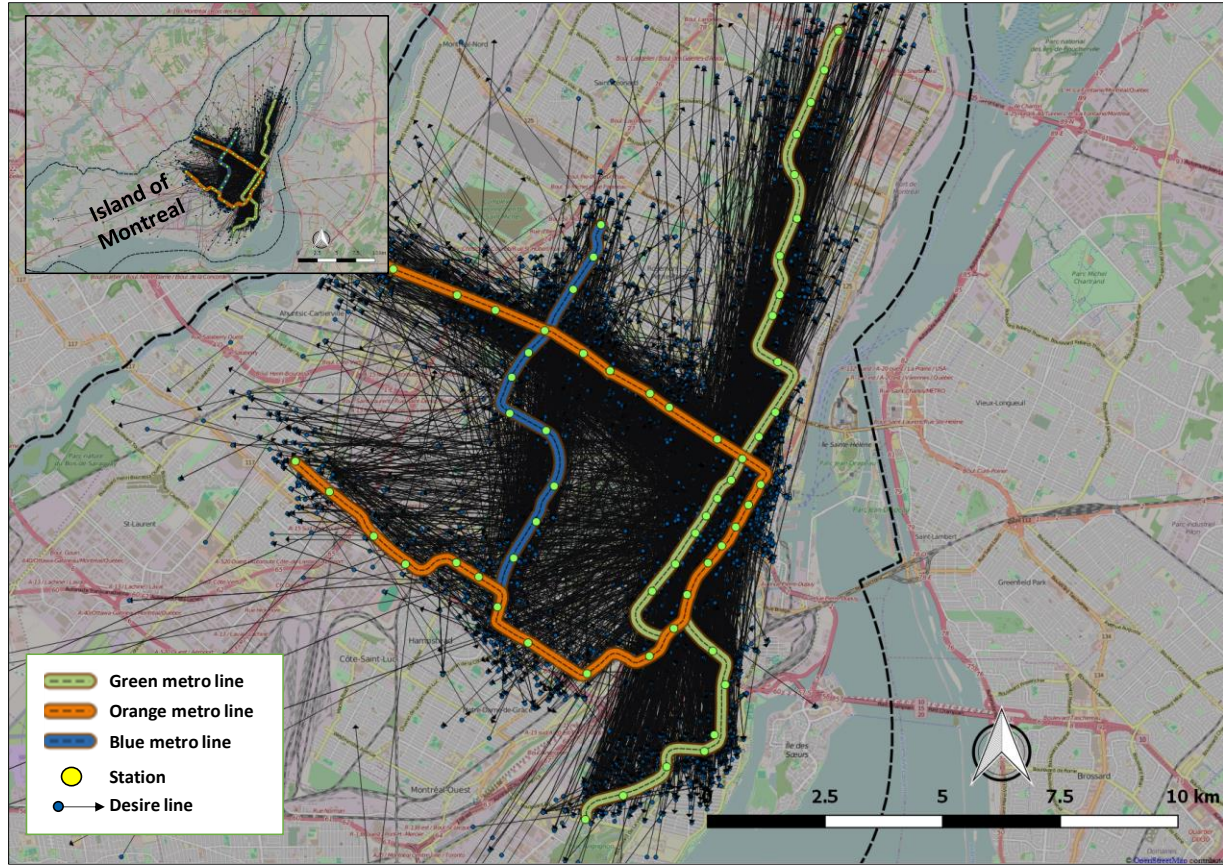


Figure 8.2: Island of Montreal with subway network and observed desire lines

TraClus-DL was applied to all OD pairs using a *min_weight* of 400 trips, which was considered to be a reasonable starting density level within a *max_distance* of 500 meters (total width of 1000 meters) and with a small maximum allowed angle (*max_angle*) of 2.5° . For the segmentation, a *segment_length* of 300 meters was used to obtain reasonable granularity. It should be noted, depending on planners' objectives, that other parameters could be proposed, tested and analysed.

The TraClus-DL outputs, illustrated in Figure 8.3 (a) and (b), are sets of small corridors, where each corridor carries information about the number of trips clustered and trip features. For better visualization, the consecutive corridors with the same direction were connected as presented in Figure 8.3 (c) and (d). In total, thirteen long corridors were identified, among them six unidirectional and seven bidirectional corridors.

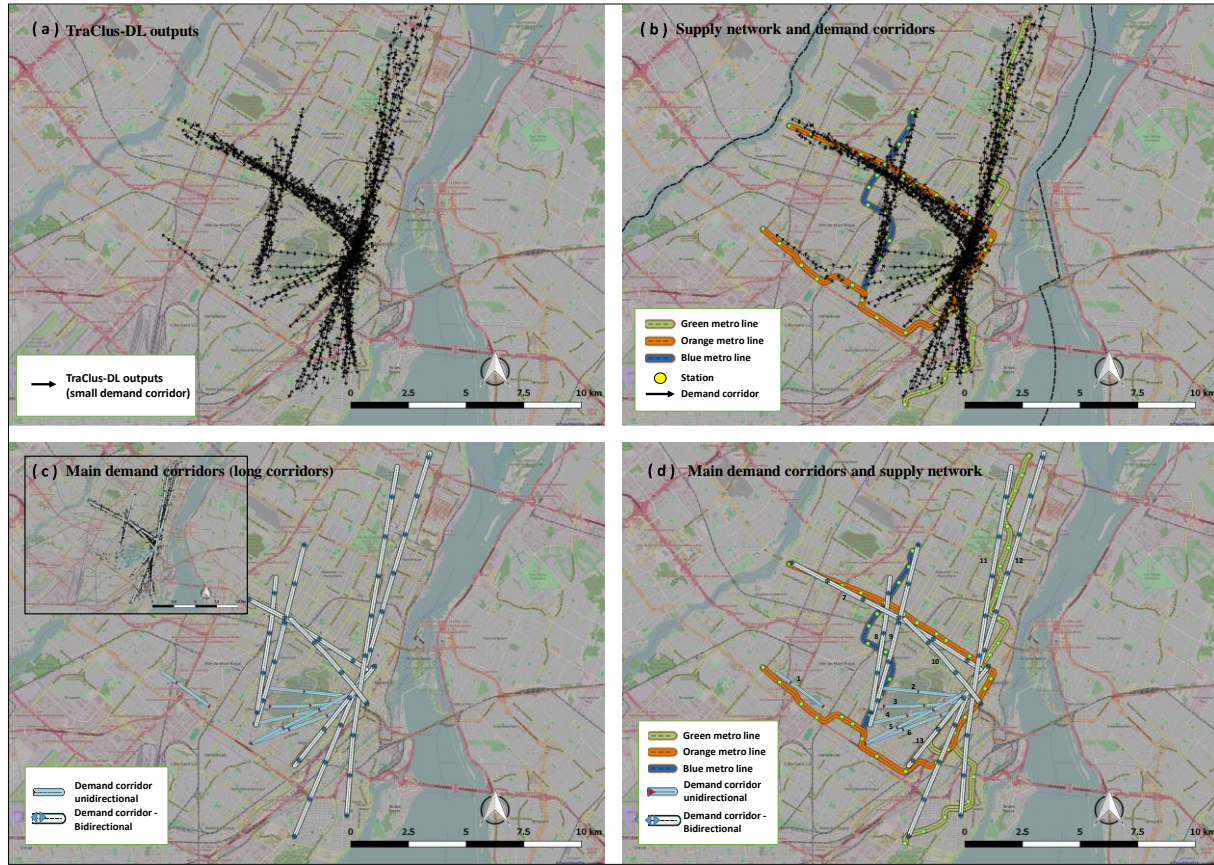


Figure 8.3: Demand corridor identification results

The comparison between the supply corridors (metro lines) and the demand corridors was done by using collective distortion indicator, collective remoteness indicator, $LCSS_{100\%}$ and Overall similarity index.

In this paper, we present the result of one direction of corridor 9 (direction south – north) as it carries a sufficient number of trips (2,228 trips) to clarify our approach efficiently and simply. Figure 8.4 (a) and (b) presents the corridor 9 south-north.

In this study, we do not have information about the start and end stations. Thus, each trip (origin and destination) was assigned to the closest metro station (threshold distance) and the shortest itinerary between stations were identified to estimate the supply load profile. Figure 8.4 (c) and (d) presents the load profile of the supply and the demand axes and convex hull respectively (used in the CDI and the CRI calculations).

To compute $LCSS_{100\%}$ the supply and the demand axes were divided into points. As illustrated in Figure 8.4 (c), the distances between all points were calculated to determine the minimum radius allowing each point from the demand corridor to reach, at least, one point from the supply.

The computation of OSI required the segmentation of the supply axes into 4 trajectories while the demand corridor remains as one trajectory (Figure 8.4 (f)). The similarity of each trajectory to the demand corridor was calculated; we noticed that the perpendicular trajectories (number: 1, 2, and 4) have a much higher OSI value (>10000) than trajectory 3, due to their small portion along the main axis we considered only the similarity value of trajectory 3 in the OSI value.

The structure assessment results of corridor 9 are presented in Table 8.1.

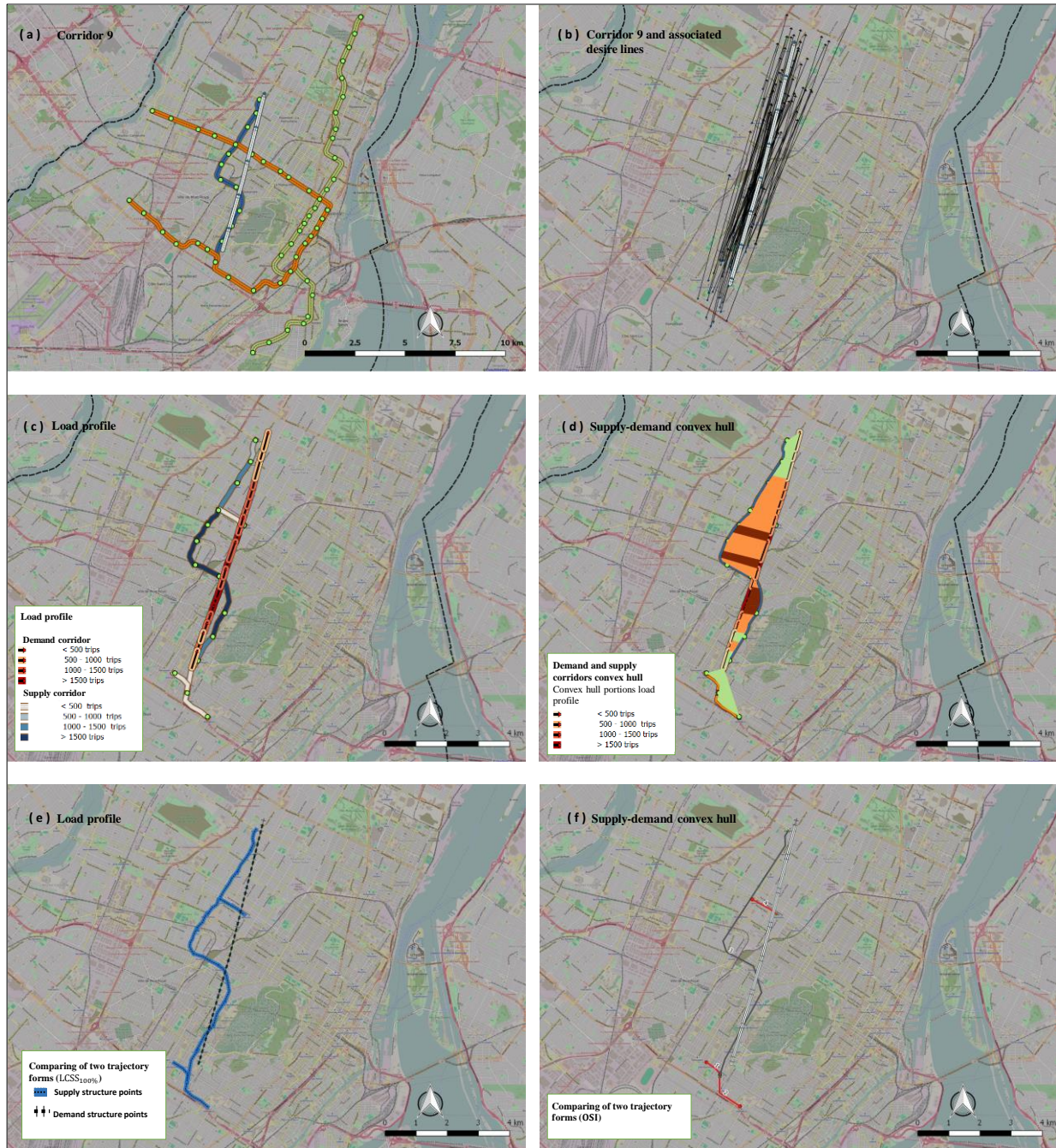


Figure 8.4: The corridor 9 analysis

Table 8.1: Corridor 9 structure assessment results

Collective distortion indicator	Collective remoteness indicator	Overall similarity index	LCSS _{100%}
1.35	5227.07	2380.00	1850.00

The results give some information about the supply's spatial characteristics from the collective demand standpoint. First, the supply generates an additional amount of passenger-km (estimated at 35%) than the theoretical reference unit. This information is useful for decision makers looking to set improvement targets. Second, the CRI value quantifies and expresses the magnitude of the overall remoteness, in the design and planning process this information may help to rank different designs in order to select the one that best matches the demand. Furthermore, the similarity value (LCSS_{100%} and OSI) gives a general idea about the supply shape's similarity to the demand flow, allowing one to rank shapes in the design process. The difference between similarity results can be explained by the variation of the equation in each one; the LCCS considers the distance between the different points of the two trajectories while the OSI equation incorporates the directness too.

Still, in a global study, where the supply network is compared to the demand corridor network, those indicators may help in the prioritization of intervention actions to focus on the supply that differ the most from the demand.

8.5 Discussion

Benefiting from the demand corridor as a reference unit, the paper provides new insights into the possible ways of assessing the spatial characteristics of the supply structure. In contrast to the traditional approaches, where supply vulnerability or individual impact are measured, the use of the demand corridor as a reference unit reflects the collective demand standpoint and offers the possibility to rank supplies based on each supply's level of compliance to the demand flow.

First, we proposed an approach, consisting of two main steps, to assess the supply. The first step benefits from new computation methods where demand corridors can be identified away from administrative and operational limits. Then, we proposed and adapted some indicators to fit the concept of the demand corridor and to reflect the spatial characteristics of the supply. The *collective distortion indicator* evaluates the magnitude of the supply length and reflects its efficiency (from

the demand perspective). The *collective remoteness indicator* quantifies the remoteness of the supply. The *overall similarity index* and $LCSS_{100\%}$ allow one to rank different shapes in the design process.

Second, we clarified the application of our approach using a set of disaggregated OD data. Even if we used OD pairs that are already linked to a specific supply (metro network), the use of all available OD data is possible. Then, we selected TraClus-DL because of its ability to identify demand corridors from desire lines. Other algorithms may be applied and tested. However, each algorithm has its own structure, inputs, and equation.

The corridor identification parameters were not discussed explicitly in this paper. We emphasize the fact that parameter selection may vary depending on the study and planners' objectives. However, we identified and mapped demand corridors using different parameters to illustrate the parameter selection effects. Figure 8.5 illustrates the effect of reducing the required *min_weight* from 400 trips to 300 trips. Still, we refer to relevant literature for an exhaustive view of effects of parameter selection and TraClus-DL's advantages and limitations (Bahbouh et al., 2015).

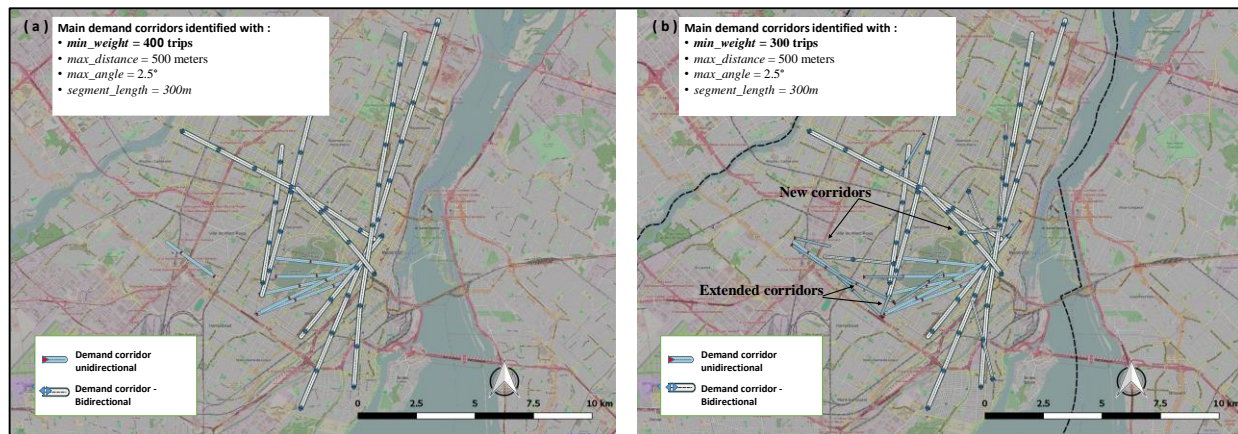


Figure 8.5: The effect of the choice of parameters on demand corridor identification

Furthermore, the results for one corridor were presented and discussed. Each indicator reflected a side of the spatial structure and benefited from the demand corridor as a reference unit, thus comparing and ranking different forms of the supply becomes possible. In our case study, the metro network is a fixed infrastructure. Accordingly, the proposed approach could be helpful in the assessment of the current supply and in the design of new lines or extensions. Other services (e.g. bus) may benefit from the demand corridor approach to adjust the path and to minimize the gap between the supply and the collective demand flow. In addition, the gap analysis may

point to important inefficiencies due to some physical, environmental, political or operational constraints.

We believe that the comparing of supply networks to demand corridor networks (as a whole) provides additional benefits to the supply design as it may involve the integration of further spatial issues such as the extent, accessibility, and connectivity of the network. However, we argue that the integration of the temporal dimension, to reflect mobility dynamics, is an important component in a large scale study.

Finally, we demonstrated the possibility of using the demand corridor as a reference unit. Yet, further indicators should be studied and their role in a global quality index should be examined profoundly. We argue that an indicator's weight in a global index must be examined in line with the demand characteristics and the local context.

8.6 Conclusion

The paper goes beyond using the demand corridor as a visualization tool. It proposes to use demand corridors as a reference unit to evaluate the quality of the supply structure. Therefore, indicators were proposed to assess the length, the remoteness, and the overall form of the supply.

The case study clarified the application of the proposed approach and it illustrated the potential of demand corridors as relevant tools for transportation planning, and in the decision-making processes in which an indicator is needed to evaluate the current or planned supply.

Finally, the approach proposed in this paper opens the door for future areas of research regarding the use of the demand corridor as a reference unit, the formulation of new indicators, and a global index to assess the quality of the supply structure.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to acknowledge the contribution and support of the Mobilité Chair partners (City of Montreal, Quebec Ministry of Transportation, Montreal Metropolitan Transit Agency and the Montreal Transit Authority). They also wish to thank the Montreal Committee on Travel Survey Data for providing access to disaggregated data for research purposes.

CHAPITRE 9 RÉSULTATS COMPLÉMENTAIRES

Ce chapitre vise à présenter des notions complémentaires à celles discutées dans les chapitres précédents sur le concept et le potentiel du corridor de demande.

La première section présente une approche d'identification équitable des corridors de la demande. La deuxième section présente le concept du corridor chaîne et est suivie par une section qui décrit un outil de regroupement temporel.

9.1 Identification équitable des corridors

Cette section vise à présenter une approche permettant d'intégrer une perspective d'équité dans le processus d'identification des corridors de demande. Bien que l'algorithme TraClus-DL soit utilisé pour illustrer l'applicabilité de cette approche, il est possible d'utiliser d'autres algorithmes disposant d'une structure similaire.

Pour commencer, un rappel des principaux éléments utilisés pour identifier les corridors de demande s'avère important. Ces éléments sont le point d'origine, le point de destination et le facteur de pondération associé à chaque observation. Les deux premiers éléments sont déterminés en observant le répondant (observation), alors que le facteur de pondération est une valeur estimée à partir de processus statistiques. Ce facteur reflète le poids de chaque observation pour représenter la population de référence à partir d'un échantillon de répondants.

L'intégration d'une approche d'équité dans le processus d'identification s'articule autour d'un facteur de vulnérabilité. L'utilisation d'un poids permet de favoriser certaines personnes ou segments de la population considérés comme vulnérables dans la construction des corridors.

La méthode s'articule autour de la définition de Beguin et Zoller (1992) de l'équité : « *L'équité s'oppose à l'efficacité, la collectivité abandonne une partie de son efficacité globale pour améliorer le sort d'une partie de ses membres : c'est l'expression de la solidarité* ». Elle s'inspire également d'une étude critique de différentes visions de l'équité (Sioui, 2014). La méthode suggère en outre la possibilité du passage à l'équité à travers l'amélioration de l'accessibilité de certains segments de la population ou autrement dit à travers la réduction des coûts (ex. distance parcourue) payés par les personnes vulnérables.

TraClus-DL regroupe les portions similaires de divers déplacements pour former un corridor. Ce regroupement est influencé par les facteurs de pondération qui peuvent être transformés en facteurs de vulnérabilité.

La Figure 9.1 illustre l'impact de l'intégration d'un facteur de vulnérabilité à l'aide d'un exemple simple. Deux modélisations sont effectuées : une modélisation en l'absence du facteur de vulnérabilité (poids égal pour tous les déplacements) et l'autre avec la prise en compte du facteur de vulnérabilité (poids élevé pour les personnes vulnérables).

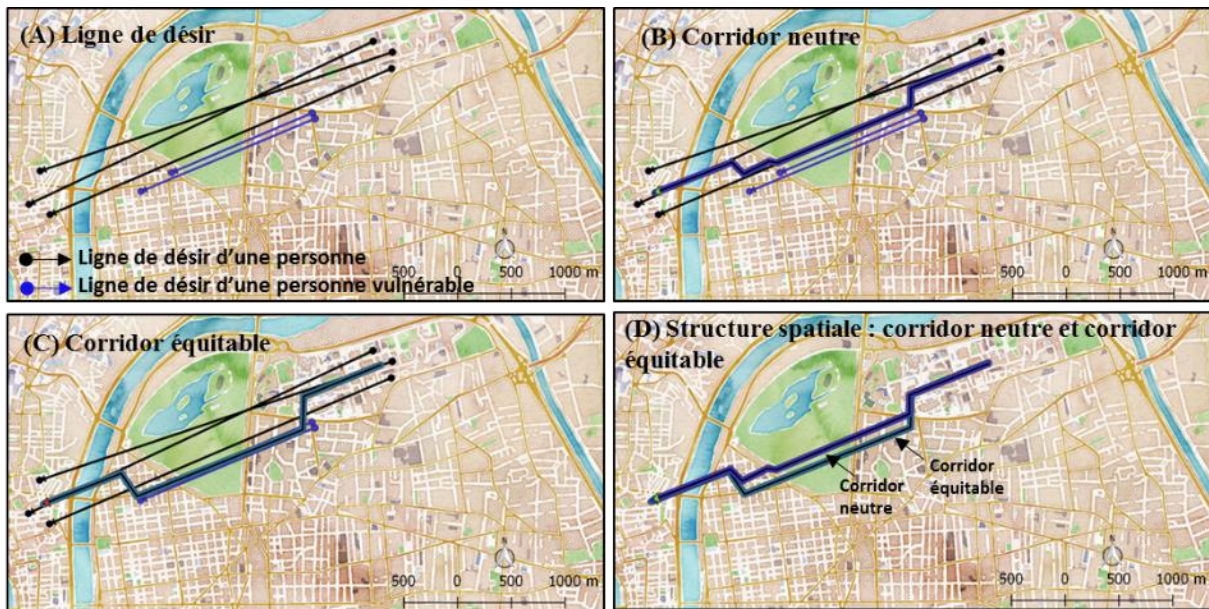


Figure 9.1: Comparaison entre une identification neutre et équitable des corridors de demande

Pour aller plus loin, nous examinons l'applicabilité de ce concept sur des données réelles. Ainsi, nous avons identifié à nouveau le corridor AB présenté dans le chapitre 5 en prenant en compte les facteurs de vulnérabilité. L'objectif est d'identifier les corridors en considérant la vulnérabilité à la marche afin d'observer la variation de la forme.

L'hypothèse retenue, concernant le facteur de vulnérabilité (FV) pour une cohorte donnée, est présentée dans l'équation suivante :

$$FV_{age_i} = \frac{Distance_{max}}{Distance_i}$$

Où $Distance_i$: distance moyenne parcourue à la marche de la cohorte i (à vol d'oiseau) ; $Distance_{max}$: valeur maximale des $Distance_i$ pour toutes les cohortes.

Ainsi, le facteur de vulnérabilité pour une cohorte est plus élevé lorsqu'il est observé que celle-ci a une capacité de marche moins importante.

Le Tableau 9.1 présente la distance moyenne observée et le facteur de vulnérabilité calculé pour chaque cohorte dans l'enquête OD de la GRM de 2013.

Tableau 9.1: Distance moyenne observée et facteur de vulnérabilité estimé par cohorte d'âge

Cohorte d'âge	$Distance_i^{11}$ (En mètres)	Écart-type	$FV_{\text{âge}_i}$
< 10 ans	543	913	1.77
10-19 ans	807	1137	1.19
20-29 ans	960	1251	1.00
30-39 ans	739	1088	1.30
40-49 ans	792	1067	1.21
50-59 ans	897	1351	1.07
60-69 ans	832	1131	1.15
> 69 ans	710	1028	1.35

Les résultats de l'identification sont présentés sur la Figure 9.2. L'axe principal du nouveau corridor AB dévie légèrement du corridor original (d'environ 25 m) pour s'approcher des cohortes les plus vulnérables. Cette faible déviation s'explique par le fait que les facteurs utilisés sont de faibles valeurs (entre 1 à 1.77), mais également par le fait que la cohorte dominante dans le corridor AB est celle entre 10 à 19 ans (56%) et qu'elle a un faible facteur de vulnérabilité (1.19).

¹¹ Aucun filtre concernant la distance maximale de marche est appliqué.

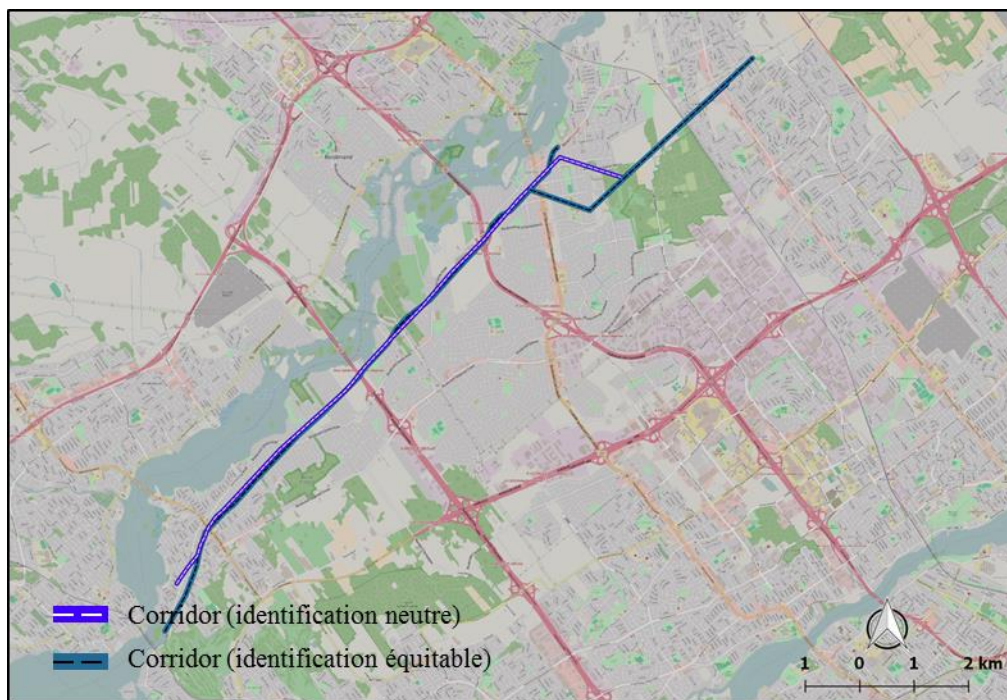


Figure 9.2: Comparaison entre une identification neutre et équitable du corridor AB

Pour conclure, l'identification « équitable » des corridors permet une visualisation reflétant la solidarité de la société. Cette approche pourrait intéresser le planificateur qui cherche à satisfaire l'ensemble de la société, tout en prenant en considération les particularités des différents segments de la population.

Il est important de noter que le terme équité est utilisé dans cette étude selon une perception spécifique qui ne reflète pas la variété des visions disponibles sur le sujet. Bien que l'identification des corridors équitables soit possible, la définition d'un facteur de vulnérabilité reste sujette à une interprétation différente selon l'acteur qui souhaite l'étudier.

9.2 Corridor chaîne

Les chaînes de déplacements sont étudiées et analysées pour mieux comprendre la mobilité des personnes. Cette approche, dérivée des modèles d'activités, se veut un outil d'analyse des déplacements basé sur les activités des personnes (Valiquette, 2010).

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la problématique de la chaîne de déplacement, à sa modélisation et à son implication dans le choix modal (Sicotte, 2015; Valiquette, 2010). Malgré cela, il y a une absence d'application du concept au niveau collectif (corridor).

Pour mieux aborder le sujet, nous proposons tout d'abord la définition suivante d'un corridor chaîne : le corridor chaîne représente un ensemble de personnes qui se déplacent selon une séquence similaire. Autrement dit, un corridor chaîne est un ensemble de corridors interzonaux utilisé selon la même séquence et par le même groupe de personnes. La particularité de ces corridors interzonaux est que la zone de destination de l'un coïncide avec la zone d'origine du corridor suivant (Figure 9.3).

L'identification des corridors chaînes s'effectue en utilisant les chaînes de déplacements et en appliquant une approche d'agrégation zonale. La Figure 9.3 illustre le concept du corridor chaîne et propose de classer le corridor en trois principaux types : corridor chaîne-simple ; corridor chaîne-complexe mono/multi-boucle et corridor chaîne-ouverte.

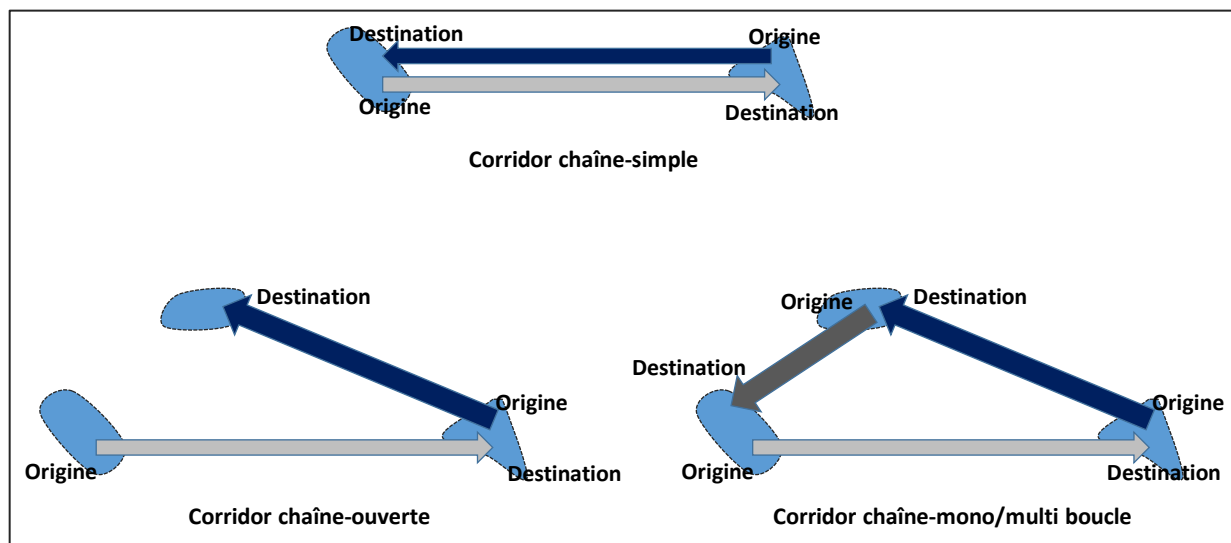


Figure 9.3: Concept de corridor chaîne

Pour aller plus loin, nous examinons la possibilité d'identification et d'analyse des corridors chaînes.

La méthodologie consiste en trois étapes principales. La première étape consiste à sélectionner les déplacements qui font partie d'une chaîne de déplacement. La deuxième étape concerne l'identification des zones (origine-destination) et la troisième étape comprend l'identification des personnes qui ont effectué la même séquence de déplacements inter-zonal afin d'identifier le corridor chaîne.

Nous pouvons compter sur le découpage administratif pour identifier les flux interzonaux. Cependant, le résultat sera influencé par la taille de chaque zone. L'approche présentée précédemment (section 6.4.3.1) concernant l'identification des corridors interzonaux à l'aide de l'algorithme TraClus-DL peut aussi être utilisée.

Nous avons identifié les corridors chaînes à partir d'un ensemble de 50,047 observations de l'enquête OD 2013 de la GRM. Cet ensemble présente les déplacements effectués dans l'agglomération de Longueuil.

Le corridor illustré à la Figure 9.4 est l'un des corridors identifiés. Ce corridor de type chaîne simple relie une zone « résidentielle » et une autre zone « école ». Le nombre pondéré de déplacements générés par les 14 personnes qui forment ce corridor est 785 déplacements.

La particularité de ce corridor est qu'il comprend un autre corridor (sous corridor) de type chaîne multi boucle. En effet, 256 déplacements sont répartis selon la séquence suivante : domicile-école (le matin), école-domicile (vers midi), domicile-école (vers 13 :00) et finalement école-domicile (vers 16 :00). Cette séquence peut indiquer un manque de services dans les zones terminales (ex. besoin de revenir au domicile pour manger à cause du manque de service de restauration).

Dans d'autres corridors, la séquence de déplacements peut indiquer une complémentarité de service entre les zones visitées : domicile-centre commercial 1, centre commercial 1-centre commercial 2, centre commercial 2-domicile.

La majorité des corridors identifiés dans notre étude sont de type chaîne simple, ce qui est logique compte tenu que la majorité des chaînes de déplacements dans la GRM appartient à ce type (Sicotte, 2015). De plus, nous avons remarqué une similarité temporelle entre les déplacements qui constituent un corridor chaîne. À titre d'exemple, si l'on tient compte de l'heure de départ des

déplacements dans le corridor précédent, on peut former trois groupes (autour de 7 :00, autour de midi, autour de 16 :00).



Figure 9.4: Représentation d'un corridor chaîne simple dans l'agglomération de Longueuil

En résumé, le fait d'identifier un corridor chaîne révèle la présence d'une relation interzonale qui pourrait représenter un manque ou une complémentarité de services dans les zones terminales. L'intégration de l'occupation du sol est un élément essentiel pour la compréhension de cette relation et pour la proposition d'actions d'amélioration au niveau du transport ou de l'aménagement.

Enfin, l'intervention sur une partie d'un corridor ne pourrait conduire aux améliorations souhaitées si le corridor, dans son ensemble, n'est pas considéré.

9.3 Outil du regroupement temporel

Les planificateurs de transport s'intéressent à identifier et à étudier les corridors pendant les périodes où le volume des déplacements est le plus important. Ces périodes de 1, 2 ou 3 heures sont souvent identifiées en observant le volume pendant la journée (ex. de 6 am. à 9 am. pour l'heure de pointe du matin).

Cependant, il se peut que la période optimale de l'étude commence quelques minutes ou plus avant l'heure identifiée. Dans cette section, nous profitons de la structure de l'algorithme TraClus-DL pour proposer un algorithme (TimeClus) qui identifie le début de la période où le volume des déplacements est le plus important.

TraClus-DL est un algorithme de regroupement par densité. Il regroupe les objets (segments) selon la localisation spatiale (x, y) et un autre attribut mesurant l'angle entre les segments. TimeClus profite de cette structure de regroupement par densité en remplaçant l'angle de chaque déplacement par un autre attribut (D_temps) qui représente le temps (par exemple l'heure de départ). En conséquence, il est possible d'identifier les concentrations maximales de déplacements pendant une période de temps.

Pour clarifier la ressemblance entre l'attribut angle et l'attribut temps, il suffit de symboliser les déplacements par des segments de longueur égale ayant une direction (angle) symbolisant l'heure de départ (ex. départ à midi = 0° , départ à 1 heure = 30°). Par exemple, pour identifier les concentrations maximales pendant 3 heures (90°), il suffit d'utiliser une valeur de $\text{max_angle} = 45^\circ$. La Figure 9.5 illustre la ressemblance entre l'angle et le temps.

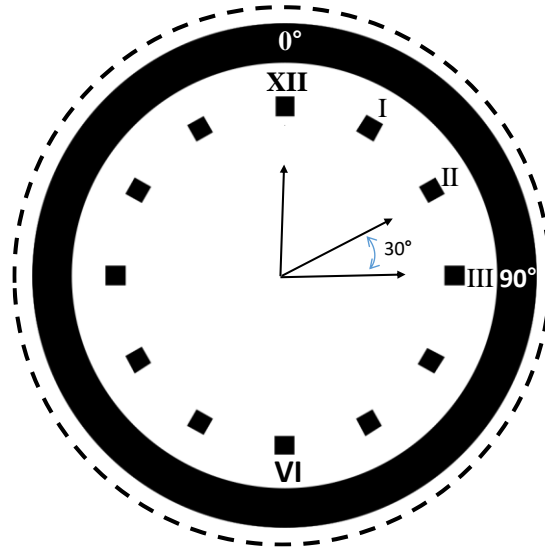


Figure 9.5: Ressemblance entre les attributs angle et heure

TimeClus nécessite un seul intrant qui est la période de temps à délimiter (*time_periode*) et il utilise les trois données d'entrée suivantes :

- Identification unique pour chaque observation (**I_{pere}**) ;
- Facteur de pondération (**D_{fexp}**) ;
- Temps de référence de chaque déplacement (**D_{temps}**) (ex. heure de départ).

TimeClus génère pour chaque observation un segment de longueur fixe (*max_distance*) dont le point d'origine est prédéterminé (ex. 0,0). L'angle du segment correspond au temps de référence (*d_temps*). Par la suite, TimeClus profite de l'algorithme TraClus-DL pour traiter les données avec les paramètres suivants (*max_distance* 1, *time_periode*/2, *max_distance*).

Les résultats sont des groupes de déplacements classés par ordre d'importance selon le volume de déplacements. Le premier groupe délimite la période où le volume des déplacements est le plus important. La Figure 9.6 illustre l'algorithme¹² de TimeClus.

¹² Organigramme de programmation, représentation graphique d'un algorithme.

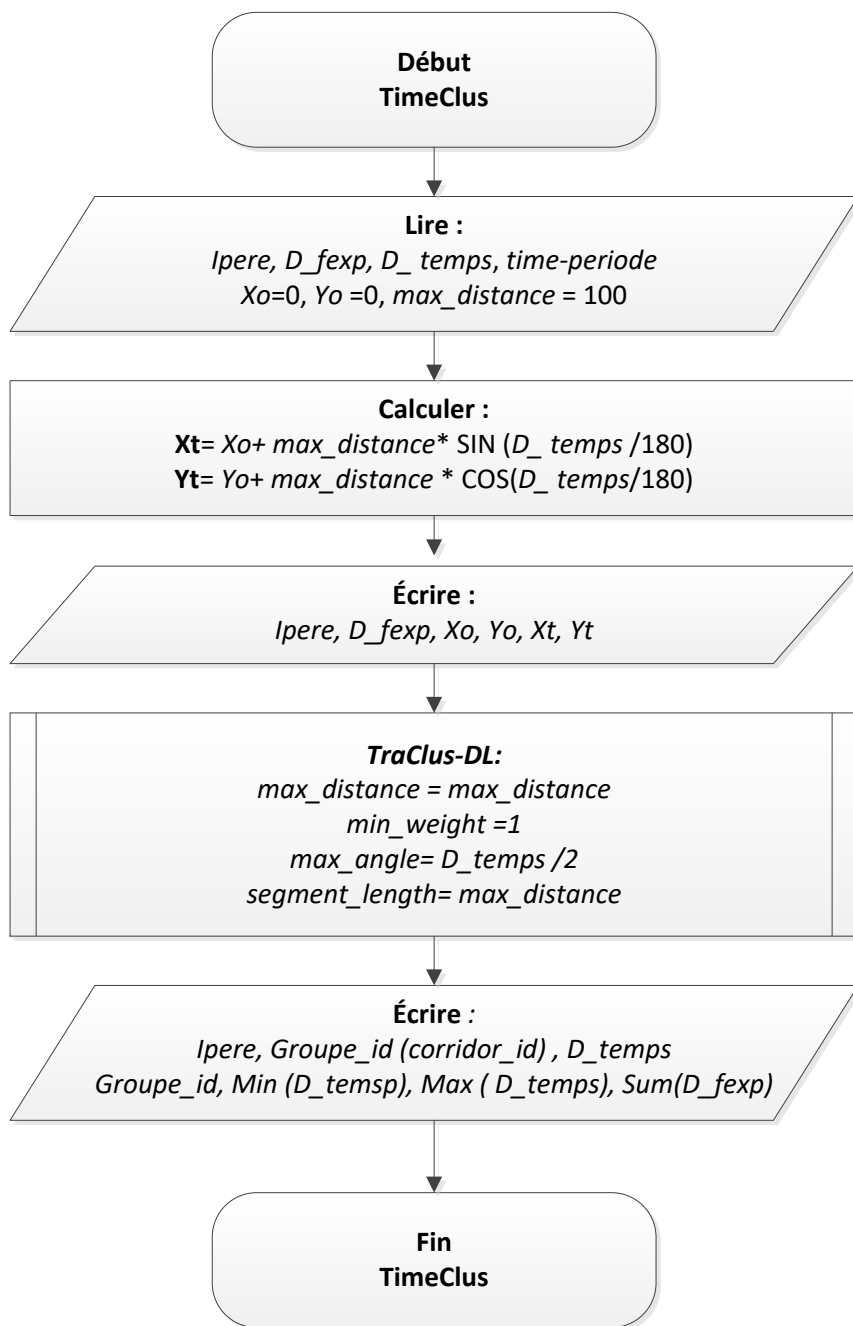


Figure 9.6: Algorithme de TimeClus

Pour illustrer l'application de TimeClus, nous avons analysé tous les déplacements ¹³ de l'enquête OD de la GRM de 2013 (403,959 observations représentant 9,243,133 déplacements) avec l'attribut (heure de départ).

Les résultats illustrés à la Figure 9.7 présentent le découpage temporel optimal dans lequel les deux périodes les plus denses dans la journée sont délimitées. La période « de pointe » de trois heures est l'après-midi (de 2 :44 pm à 5 :43 pm) et regroupe à elle seule 29% des déplacements effectués dans la journée. La deuxième période la plus dense est le matin de 06 :14 à 09 :13 et regroupe 25% des déplacements.

L'étude de deux périodes (de 6 heures seulement) permet d'étudier plus de 50% des déplacements dans la journée.

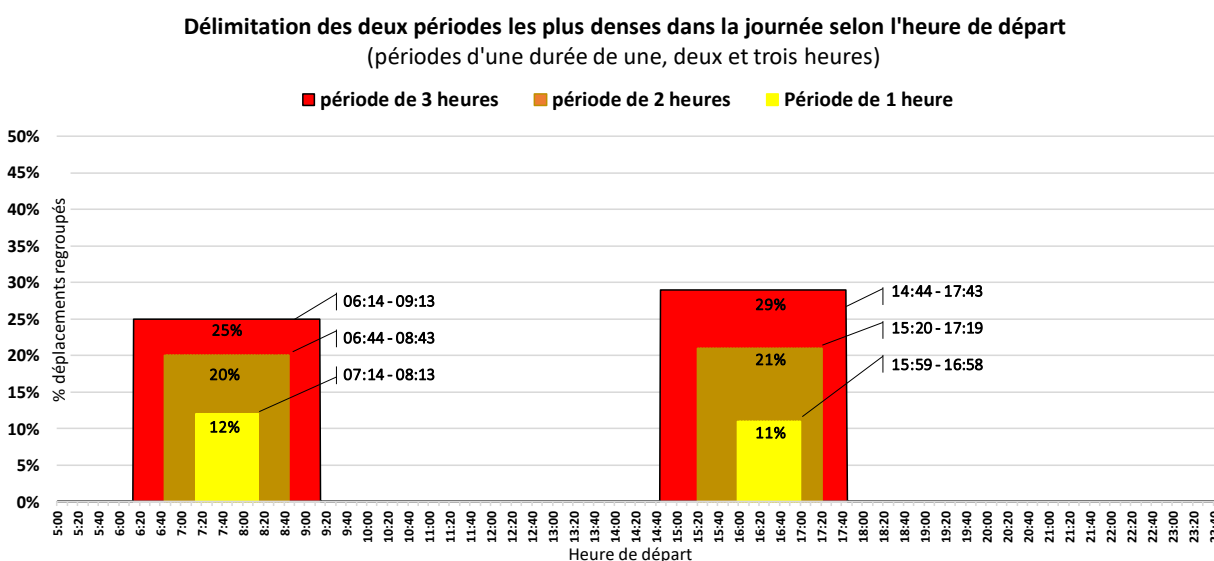


Figure 9.7: Délimitation des deux périodes les plus denses dans la journée selon l'heure de départ

Pour résumé, TimeClus offre aux planificateurs de transport un outil simple qui permet d'affiner le découpage temporel pour trouver les périodes où le volume des déplacements est le plus important. De plus, le fonctionnement de TimeClus démontre le potentiel d'intégrer la dimension temporelle lors de l'identification des corridors avec TraClus-DL.

¹³ Tous les déplacements effectués au Québec

CHAPITRE 10 DISCUSSION GÉNÉRALE

Le présent chapitre discute de l'ensemble de la thèse en regard des aspects méthodologiques et des résultats en lien avec la revue de la littérature.

En préambule, nous rappelons les questions de départ en lien avec les limites identifiées lors de la revue de littérature :

- Qu'est-ce qu'un corridor de transport et comment pouvons-nous conceptualiser un corridor de demande ?
- À partir de quels éléments pouvons-nous identifier les corridors de demande le plus objectivement possible ? Pouvons-nous délimiter les corridors en utilisant les lignes de désir qui sont considérées comme les trajectoires les plus représentatives de la demande et les moins influencées par l'offre ?
- Comment pouvons-nous modéliser les corridors de demande ? Quelles sont les limites de la modélisation ?
- À partir du même ensemble de données, pouvons-nous identifier un ou plusieurs types de corridors de demande ?
- À quel point l'offre s'éloigne-t-elle de la demande ?
- Comment pouvons-nous profiter de corridors de demande témoignant de la demande collective brute pour diagnostiquer l'offre et son niveau de durabilité ?

Les travaux présentés dans cette thèse s'articulent autour de la conceptualisation et de la modélisation et touchent à plusieurs aspects dont :

- **La clarification du concept de corridor de transport et la conceptualisation des corridors de demande**

Les différentes définitions concernant le concept de corridor de transport ont été examinées dans le chapitre 4. Ainsi, nous avons conceptualisé le corridor comme une enveloppe encapsulant des déplacements similaires. Cette conceptualisation a permis de distinguer deux types de corridors : les corridors d'offre et les corridors de demande.

Par la suite, le corridor de demande a été imaginé comme l’enveloppe qui encapsule les trajectoires les plus représentatives de la demande et les moins influencées par l’offre. Ainsi, les lignes de désir sont utilisées comme étant les trajectoires les plus fidèles à la demande dans son état brut.

De plus, dans le chapitre 6, nous avons bonifié cette conceptualisation en proposant une typologie qui distingue trois types principaux : corridors interzonaux, corridors segments, corridors convexes. Cette typologie enrichit le processus de planification, car elle permet de tracer l’axe global des mouvements, de délimiter les zones selon le flux de mouvements et de proposer des actions d’amélioration ciblant des déplacements similaires.

- **Le développement d’un modèle d’identification des corridors de demande**

L’approche empirique dans le chapitre 4 nous a conduit à identifier les lacunes concernant les approches de modélisation actuelles. La première étape pour proposer un modèle adapté à l’identification des corridors de demande est la caractérisation des corridors telle que synthétisée au début du chapitre 5. Cette caractérisation a permis de concevoir un algorithme, TraClus-DL qui prend en compte les spécificités des lignes de désir. Comportant quatre intrants intuitifs (largeur initiale, nombre minimum de déplacements, angle maximum, longueur de segmentation), TraClus-DL est adapté à l’utilisation dans le contexte du transport. Afin d’assurer le bon fonctionnement de TraClus-DL, sa performance est mise à l’épreuve et les résultats obtenus demeurent cohérents et logiques avec les différentes variations de paramétrage.

Dans le chapitre 6, nous avons proposé et appliqué des ajustements au fonctionnement de TraClus-DL pour pouvoir identifier trois types de corridors de demande.

- **L’investigation du potentiel des corridors de demande**

Dans les chapitres 4 et 6, nous avons illustré le potentiel des corridors de demande pour visualiser et synthétiser un grand nombre de donnée OD. Par la suite, nous avons discuté de l’importance des corridors de demande dans l’orientation et l’amélioration de l’offre à travers l’identification des axes de mobilité de différents segments de la population.

De plus, les résultats obtenus dans les chapitres 4, 5 et 6 nous ont conduit à statuer quant à la pertinence de l’utilisation des corridors de demande comme une unité de référence et de comparaison dans l’évaluation de l’offre.

- **Le diagnostic de l'offre par l'intermédiaire des corridors de demande**

Dans le chapitre 7, un cadre structurant les processus d'évaluation des corridors est proposé. Le cadre s'inspire des structures d'autres cadres d'évaluation, notamment l'ACV, pour structurer les processus d'évaluation et le diagnostic de l'offre autour de quatre étapes principales. Par la suite, nous avons discuté de l'intégration de la notion de durabilité dans les processus d'identification des corridors et de l'évaluation de l'offre.

Notre diagnostic de l'offre a clairement démontré que le champ d'évaluation des corridors de demande s'élargit lorsque le diagnostic est bonifié par des hypothèses opérationnelles, permettant ainsi de quantifier les impacts opérationnels. En revanche, dans cette thèse, nous avons cherché à éviter autant que possible la formulation des hypothèses opérationnelles en vue d'assurer la « neutralité » de l'approche.

Dans le chapitre 8, la structure spatiale de l'offre a été examinée à travers l'adaptation de plusieurs indicateurs au concept de corridor de demande (tortuosité collective, éloignement collective, LCSS, etc.). Le résultat illustre la pertinence d'utiliser le corridor comme unité de référence dans la planification des transports et dans les processus de prise de décision. De plus, il démontre la convenance d'orienter la recherche quant à la formulation d'un indice global d'évaluation.

Au cours de la recherche, d'autres concepts liés à la planification ont été croisés avec le concept du corridor de demande. Les résultats obtenus permettent d'avoir une réflexion approfondie face à certaines problématiques et de considérer de nouvelles opportunités dans la pratique de la planification. Voici quelques sujets d'intérêt :

- Possibilité d'intégrer le concept de la chaîne de déplacements dans l'identification des corridors. Cette intégration permettrait de percevoir les relations interzonales, de mieux repérer les zones ayant un manque ou une complémentarité de services et de mieux cibler les actions d'intervention ;
- Possibilité d'intégrer une vision de l'équité dans le processus d'identification des corridors de demande. Cela permettrait au planificateur de visualiser la mobilité et de planifier l'offre avec une perception plus juste des différents segments de population ;
- Possibilité d'affiner le regroupement temporel pour identifier les périodes les plus achalandées.

Le Tableau 10.1 croise les questions de départ avec les principaux chapitres de la thèse.

Tableau 10.1: Croisement entre les questions de recherche et les principaux chapitres de la thèse

<i>Question de recherche</i>	Ch. 4	Ch. 5	Ch. 6	Ch. 7	Ch. 8	Ch. 9
<i>Qu'est-ce qu'un corridor de transport et comment pouvons-nous conceptualiser un corridor de demande ?</i>						
<i>À partir de quels éléments pouvons-nous identifier les corridors de demande le plus objectivement possible ? Pouvons-nous délimiter les corridors en utilisant les lignes de désir ?</i>						
<i>Comment pouvons-nous modéliser les corridors de demande ? Quelles sont les limites de la modélisation ?</i>						
<i>À partir du même ensemble de données, pouvons-nous identifier un ou plusieurs types de corridors de demande ?</i>						
<i>À quel point l'offre s'éloigne-t-elle de la demande ?</i>						
<i>Comment profitons-nous des corridors de demande qui témoignent de la demande collective brute pour diagnostiquer l'offre et son niveau de durabilité ?</i>						

CHAPITRE 11 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les travaux présentés dans cette thèse contribuent à la modélisation des corridors en milieu urbain et au diagnostic de l'offre. Dans cette optique, la thèse offre une réflexion approfondie sur la définition et les caractéristiques d'un corridor de transport et propose ensuite un cadre de modélisation dont l'identification repose sur la demande. Les corridors de demande qui en émergent sont par la suite utilisés en tant qu'unité de référence à l'échelle collective, ce qui permet d'évaluer l'éloignement de l'offre par rapport à la demande.

Les concepts proposés et les résultats obtenus au cours de cette étude contribuent à mieux comprendre la mobilité collective dans son état brut par le biais de l'identification et de la modélisation des corridors de demande. La thèse propose un cadre de modélisation des corridors de demande en utilisant les lignes de désir, celles-ci étant les trajectoires les plus fidèles à la demande brute. Par l'intermédiaire des corridors de demande, la thèse propose par ailleurs un cadre de diagnostic de l'offre et discute de l'intégration d'une vision orientée vers la mobilité durable.

11.1 Synthèse des travaux

Les travaux sont organisés en 6 chapitres et ils touchent plusieurs aspects. Voici un résumé des principaux points abordés dans chacun des chapitres :

- Le chapitre 4 clarifie la notion de corridor de transport et conceptualise le corridor de demande comme l'enveloppe qui encapsule une forte concentration de lignes de désir. Ce chapitre examine plusieurs approches de modélisation des corridors de demande et clarifie par ailleurs leur potentiel dans la synthèse et la visualisation des données OD désagrégées. Enfin, ce chapitre constate une lacune concernant l'adaptation des approches existantes quant à l'utilisation optimale des données désagrégées et à la modélisation des corridors de demande en milieu urbain.
- La lacune identifiée dans le chapitre 4 est analysée et une solution adaptée est proposée dans le chapitre 5 sous forme d'un algorithme appelé TraClus-DL. TraClus-DL offre la possibilité d'identifier les corridors de demande avec des entrants intuitifs pour le planificateur de transport. Le fonctionnement de l'algorithme est évalué et mis à l'épreuve

empiriquement. Ainsi, les résultats ont permis de constater la possibilité d'utiliser les corridors de demande comme un outil dans les processus de planification pour identifier et visualiser les axes denses de mobilité.

- Le chapitre 6 s'interroge sur le potentiel du concept de corridor de demande dans les processus de planification et explore la possibilité d'identifier plusieurs types de corridors du même ensemble de données. Les volets de conceptualisation et de modélisation sont alors mobilisés pour identifier et clarifier les avantages et les limites des trois principaux types des corridors de demande : corridors interzonaux, corridors segments, corridors convexes.
- Le chapitre 7 propose un cadre d'évaluation de l'offre qui se base sur l'utilisation du corridor de demande comme unité de référence et de comparaison. Dans ce cadre, l'intégration d'une vision orientée vers la mobilité durable passe d'abord par une meilleure compréhension de la demande de transport, puis par l'utilisation du désir collectif de déplacements pour évaluer l'offre.

Dans ce chapitre, l'évaluation de plusieurs aspects relatifs à l'offre est discutée. Le chapitre conclut par l'adaptabilité du cadre proposé au diagnostic de certains aspects -lorsqu'un nombre limité d'hypothèses opérationnelles est nécessaire. Par ailleurs, le chapitre évoque la possibilité d'élargir le champ d'évaluation pour couvrir d'autres aspects, en formulant plus d'hypothèses opérationnelles concernant l'utilisation de corridors de demande. Néanmoins, une telle formulation pourrait remettre en question le rôle du corridor comme unité « neutre » représentative de la demande

- Le chapitre 8 évalue les différentes facettes de la structure spatiale de l'offre à travers l'adaptation de plusieurs indicateurs au concept de corridor de demande (tortuosité collective, éloignement collective, LCSS, etc.). Le résultat illustre le potentiel des corridors de demande comme outil dans la conception et la planification de l'offre ainsi que dans les processus de prises de décision.
- Dans le chapitre 9, plusieurs aspects relatifs au concept de corridor de demande sont discutés tels que : le concept du corridor chaîne et son rôle dans la clarification de la relation entre la mobilité et l'occupation du sol ; l'intégration d'une notion de vulnérabilité des usagers dans le processus d'identification et finalement, le développement d'un cadre

permettant d'affiner le regroupement temporel pour identifier les périodes les plus achalandées.

11.2 Contributions

Les contributions de la thèse pourront être répertoriées en plusieurs aspects et applications, notamment :

- Améliorer la compréhension du concept de corridor dans les milieux académiques et opérationnels. Ces connaissances pourront éclairer les chercheurs et les gestionnaires dans leurs réflexions sur le sujet.
- Intégrer le concept de corridor de demande dans les processus de visualisation et de planification. L'intégration des variables socioéconomiques permet de mieux comprendre la mobilité de certains segments de population.
- Faciliter l'identification des corridors de demande à travers le développement de l'algorithme TraClus-DL. Cet algorithme offre un outil simple qui peut faciliter le travail du planificateur en lui proposant des scénarios « neutres ».
- Diagnostiquer l'offre à travers l'analyse des sources de données OD qui ne disposent pas d'information directe sur l'offre (ex. téléphone mobile). Ceci donne au corridor de demande l'avantage de planifier et de diagnostiquer l'offre même en l'absence des caractéristiques directes d'offre.
- TraClus-DL offre la possibilité d'intégrer un facteur qui symbolise le poids de chaque déplacement. Ce facteur peut être exploité pour orienter l'identification des corridors vers les segments de déplacements les plus importants.
- Le cadre d'évaluation proposé structure le processus d'identification et de diagnostic de l'offre. Ce cadre peut être utilisé pour souligner la performance au niveau collectif, identifier les points critiques à examiner et bonifier le processus de diagnostic du niveau de durabilité de l'offre.
- Examiner l'intégration des différentes notions au concept de corridor (corridor chaîne, identification équitable, agrégation temporelle).

11.3 Limitations

Bien que les résultats obtenus dans cette thèse aient permis de contribuer à l'avancement de la conceptualisation et de la modélisation des corridors de demande ainsi qu'au diagnostic de l'offre, certaines limitations et perspectives sont présentes. Dans les chapitres 4, 5, 6, 7 et 8, nous avons mentionné certaines limitations spécifiques et identifié des perspectives aux approches développées.

La présente thèse comporte certaines limites déjà discutées à l'intérieur de chacun des chapitres. Il est pertinent de rappeler quelques-unes des principales limitations et d'en dégager les perspectives associées.

11.3.1 Conceptualisation et modélisation

- La vision des utilisateurs concernant le concept de corridor est prise en compte indirectement à travers l'analyse du discours associatif et l'échange informel avec l'entourage.
- Comme la majorité des méthodes de regroupement, TraClus-DL subit l'absence d'approches de validation. Par contre, il est facile de tracer et de visualiser les résultats afin de les comparer avec les données sources pour s'assurer de leur cohérence.
- TraClus-DL ne possède pas d'étape de sélection automatique des paramètres. Cependant, il est possible, dans une grande zone géographique, d'avoir plusieurs combinaisons appropriées et une attention particulière doit être portée à l'intégration de telles méthodes automatisées. Dans l'Annexe D, quelques astuces pour faciliter la sélection des paramètres sont proposées.
- Le lissage ne fait délibérément pas partie de TraClus-DL. Nous avons testé plusieurs algorithmes, mais les résultats n'ont pas été satisfaisants, surtout en présence d'une grande densité de corridors dans plusieurs directions. Il sera intéressant de rajouter une option qui intégrera l'approche de lissage clarifié dans le chapitre 5.
- TraClus-DL permet d'effectuer un regroupement au niveau spatial. TimeClus permet d'effectuer un regroupement au niveau temporel. Il sera intéressant d'examiner le développement d'une approche simultanée de regroupement spatio-temporel. Toutefois, une telle fonction peut augmenter considérablement le temps de calcul.

11.3.2 Cadre d'évaluation

Plusieurs limites conceptuelles et techniques peuvent être observées lors de l'utilisation du concept de corridor de demande comme une unité de comparaison de l'offre au niveau collectif. Certaines sont en lien avec le choix de l'outil d'identification, les d'hypothèses (scénarios) choisis, les données utilisées, ainsi que la vision retenue de la durabilité et l'interprétation des résultats. Voici les limites les plus importantes :

- Le cadre d'évaluation proposé structure les étapes d'évaluation et de diagnostic de l'offre en utilisant les corridors de demande. Il permet d'identifier et de viser un niveau de performance collectif, de tracer le patron des déplacements et de détecter les points critiques qui nécessitent une étude approfondie. Toutefois, l'évaluation du niveau de durabilité de l'offre est dépendante des enjeux et des acteurs impliqués.
- Le cadre permet le diagnostic de certains aspects lorsqu'un nombre limité d'hypothèses opérationnelles est nécessaire. Par ailleurs, le champ d'évaluation s'élargit pour couvrir d'autres aspects en formulant plus d'hypothèses opérationnelles concernant l'utilisation des corridors de demande. Néanmoins, une telle formulation pourrait remettre en question le rôle du corridor comme une unité « neutre » représentative de la demande.
- En outre, un accès plus large aux différentes bases de données qui caractérisent l'offre et son utilisation peut faciliter le processus d'évaluation et peut aider à la formulation de scénarios réalistes concernant l'utilisation du corridor de demande.
- Le cadre suppose l'absence d'interactions entre les axes majeurs de déplacement (corridors de demande). Cette limitation convient à un niveau d'étude local. Dans une démarche plus globale, les limites doivent couvrir l'ensemble des déplacements ainsi que les interactions entre les corridors.
- Au niveau de l'évaluation, dans la majorité des cas, l'utilisation des indicateurs exige au préalable une adaptation pour être en harmonie avec ce cadre. En fait, les mêmes concepts utilisés pour évaluer l'offre par rapport à la demande au niveau individuel devraient être applicables à l'échelle collective en utilisant le concept de corridor de demande auquel quelques ajustements seront toutefois intégrés.

- En ce qui concerne la détermination d'un niveau de durabilité, l'évaluation de l'ensemble des indicateurs permet de situer le niveau de durabilité du corridor selon la vision retenue. Plusieurs méthodes existent pour transformer un ensemble d'indicateurs en un seul indice qui statue sur le niveau de durabilité dans la littérature. Frappier (2015) propose d'annoter l'offre selon une équation qui pondère les indicateurs de distorsion et d'autres indicateurs de performance. Les approches d'agrégation d'impacts utilisées dans les outils de calculs de l'ACV (ex. IMPACT 2002+) peuvent être appliquées. Les approches utilisées dans les cadres de notation (ex. STARS, HQE Infrastructures, SCRS) peuvent aussi être utilisées pour caractériser le niveau de durabilité d'un corridor.

11.4 Perspectives

Étant donné les résultats obtenus et les limitations générales et spécifiques constatées, les perspectives de la thèse pour les recherches futures sont multiples. Des perspectives spécifiques à chaque étape de la thèse sont présentées dans les chapitres 4, 5, 6, et 7 où elles sont respectivement discutées. Voici quelques-unes des perspectives générales de cette recherche.

- **Intégration d'une vision d'utilisateur**

L'analyse et l'intégration de la perception des usagers sur la concentration des flux pourraient enrichir le concept du corridor de demande (ex. limitation de la quantité du flux acceptée). En ce sens, il pourrait être pertinent de développer un sondage (par exemple, sur le web) ou d'organiser une séance avec les différents acteurs pour bien cerner le sujet.

- **Amélioration et reconsidération des nouvelles fonctions à TraClus-DL**

L'algorithme TraClus-DL est conçu avec un cœur basé sur la densité (DBSCAN), ce qui convient à la définition du corridor. Pour la recherche future et dans le but de faciliter l'utilisation et l'application du concept, nous proposons d'intégrer une fonction automatisée qui propose plusieurs séries de paramétrage appropriées au contexte de l'étude. Dans cette intégration, il faut être conscient de la possibilité d'avoir plusieurs séries qui conviennent à l'ensemble du territoire.

Cette nouvelle orientation de recherche peut commencer par l'examen des récents progrès des méthodes de regroupement par densité appliquées aux points tels que U-DBSCAN ou DBSCAN-GM.

Dans la même perspective et afin de faciliter l'exploitation des résultats, un algorithme de lissage peut être développé et mis à la disposition du planificateur.

Pour finir, l'architecture de TraClus-DL s'est montrée capable d'intégrer la dimension temporelle. L'une des étapes du développement devrait être la prise en compte, directe, de la dimension temporelle. La conceptualisation et la concrétisation de tous les développements mentionnés nécessiteraient une collaboration entre des ingénieurs de transport et informatique.

- **Développement des indicateurs et des indices de durabilité d'un corridor**

L'application du concept de corridor pour diagnostiquer l'offre peut être réalisée à plusieurs niveaux. La comparaison entre les unités fonctionnelles de base permet de constater la performance globale. Cependant, l'évaluation des divers impacts directs et indirects nécessite la conception de scénarios types et l'adaptation d'une série d'indicateurs appropriés au niveau de la profondeur de l'étude visée.

Enfin, statuer sur le niveau de durabilité de l'offre nécessite un travail interdisciplinaire afin de prendre en compte les désirs de déplacements, les préférences d'usage et les contraintes techniques et opérationnelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Adrienko, N., & Adrienko, G. (2011). Spatial Generalization and Aggregation of Massive Movement Data. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 17(2), 205-219. doi:10.1109/TVCG.2010.44
- AMT. (2008). Enquête Origine-Destination 2008. Tiré de <https://www.amt.qc.ca/fr/a-propos/portrait-mobilite/enquetes-precedentes/o-d-2008>
- AMT. (2011). The corridor committee. Tiré de <http://plan2020.amt.qc.ca/The+corridor+committee>
- AMT. (2013). Enquête Origine-Destination 2008. Tiré de <http://www.amt.qc.ca/enquete-od/precedentes/>
- AMT. (2016). Enquête Origine-Destination 2013. Tiré de <https://www.amt.qc.ca/fr/a-propos/portrait-mobilite/enquete-od-2013>
- Andrienko, G. L., Andrienko, N. V., Dykes, J., Fabrikant, S. I., & Wachowicz, M. (2008). Geovisualization of dynamics, movement and change: key issues and developing approaches in visualization research. *Information Visualization*, 7(3-4), 173-180.
- Apparicio, P., & Séguin, A.-M. (2006). L'accessibilité aux services et aux équipements: un enjeu d'équité pour les personnes âgées résidant en HLM à Montréal. *Cahiers de géographie du Québec*, 50(139), 23-44. doi:10.7202/012933ar
- Archives de Données Issues de la Statistique Publique. (2015). Enquête Ménages Déplacements. Tiré de <https://www.cmh.ens.fr/greco/enquetes/XML/lil.php?lil=lil-1023>
- Arnold, J. (2006). *Best practices in management of International Trade Corridors* (Rapport n° 38459). Washington D.C., États-Unis: World Bank.
- Association Rimouski Ville Cyclable. (2011). Plan de mobilité active pour la ville de Rimouski. Tiré de http://www.ville.rimouski.qc.ca/webconcepteurcontent63/000022830000/upload/pdf/Plan_mobilite_active.pdf
- Bahbouh, K., & Morency, C. (2014). Encapsulating and Visualizing Disaggregated Origin-Destination Desire Lines to Identify Demand Corridors. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2430(1), 162-169. doi:<http://dx.doi.org/10.3141/2430-17>
- Bahbouh, K., Wagner, J. R., Morency, C., & Berdier, C. (2015). *TraClus-DL: A Desire Line Clustering Framework to Identify Demand Corridors*. Communication présentée à Transportation Research Board 94th Annual Meeting, Washington D.C., États-Unis (p. 19). Tiré de <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1338139>
- Bahoken, F., & Olteanu-Raimond, A.-M. (2013). *Designing Origin-Destination Flow Matrices from Individual Mobile Phone Paths: The effect of spatiotemporal filtering on flow measurement*. Communication présentée à The 23rd International Cartography Conference, Dresden, Germany.
- Beguin, H., & Zoller, H. (1992). *Aide à la décision, l'évaluation des projets d'aménagement*. Paris, France: Economica.

- Benoist, A. (2009). *Éléments d'adaptation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie aux carburants végétaux : cas de la première génération*. (Thèse de doctorat, École nationale supérieure des mines de Paris, Paris, France). Tiré de http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/50/14/30/PDF/These_Benoist.pdf
- Bocarejo S, J. P., & Oviedo H, D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142-154. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004>
- Boyandin, I., Bertini, E., Bak, P., & Lalanne, D. (2011). Flowstrates: An Approach for Visual Exploration of Temporal Origin-Destination Data. *Computer Graphics Forum*, 30(3), 971-980. doi:10.1111/j.1467-8659.2011.01946.x
- Boyandin, I., Bertini, E., & Lalanne, D. (2010). *Using flow maps to explore migrations over time*. Communication présentée à The 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Guimaraes, Portugal (vol. 2, p. 4).
- Brisson, P. (2014). *Le Plan Nord du gouvernement du Québec : analyse du design, du positionnement et de la planification stratégique des projets d'infrastructures de transport*. (Mémoire de maîtrise Université de Montréal, Montréal). Tiré de <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/11490>
- Bueno, P. C., Vassallo, J. M., & Cheung, K. (2015). Sustainability Assessment of Transport Infrastructure Projects: A Review of Existing Tools and Methods. *Transport Reviews*, 35(5), 622-649. doi:10.1080/01441647.2015.1041435
- Carr, J. L., Dixon, C. D., & Meyer, M. (2010). *Guidebook for Corridor-Based Statewide Transportation Planning* (p. 78). Tiré de http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_661.pdf
- Ceder, A., & Wilson, N. H. (1986). Bus network design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(4), 331-344. doi:10.1016/0191-2615(86)90047-0
- CGDD. (2015). *Chiffres clés du transport*. La Défense, France: Commissariat Général au Développement Durable, Sous-direction des statistiques de l'énergie. Tiré de http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Reperes/2015/reperes-transport-ed2015-b.pdf
- Chapman, D., Pratt, D., Larkham, P., & Dickins, I. (2003). Concepts and definitions of corridors: evidence from England's Midlands. *Journal of Transport Geography*, 11(3), 179-191. doi:10.1016/S0966-6923(03)00029-2
- Chen, L., Özsu, M. T., & Oria, V. (2005). *Robust and fast similarity search for moving object trajectories*. Communication présentée à The 2005 ACM SIGMOD international conference on Management of data, New York, USA (p. 491-502). doi:10.1145/1066157.1066213
- Chester, M. V., & Cano, A. (2016). Time-based life-cycle assessment for environmental policymaking: Greenhouse gas reduction goals and public transit. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 43, 49-58. doi:10.1016/j.trd.2015.12.003

- Christopher E. Ferrell, Bruce S. Appleyard, Matthew Taecker, Chris Allen, Courtney Armusewicz, & Caleb Schroder. (2016). *Livable Transit Corridors: Methods, Metrics, and Strategies* Transportation Research Board (édit.), (p. 142). doi:10.17226/23630
- Chu, W. W. (2014). Erratum: Data Mining and Knowledge Discovery for Big Data. Dans *Data Mining and Knowledge Discovery for Big Data* (p. 305-308). Berlin, Allemagne: Springer.
- Clark, J., & Oxley, P. (1991). Strategic public transport planning in Baghdad. Dans *Urban transport in developing countries : lessons in innovation* (p. 224-228). London, Grande-Bretagne: PTRC Education and Research Services.
- Clarke, R. A. (2008). *Designing major urban road corridors for active transportation: The Ottawa case*. Communication présentée à Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Toronto, Canada.
- Clean Vehicle Corridors Act, S.1581., Senate - Environment and Public Works (2015).
- Clelland, A. (1993). *The Los Angeles Smart Corridor Project*. Communication présentée à WESCON/93. Conference Record, San Francisco, CA (p. 267-272). doi:10.1109/WESCON.1993.488446
- Comité économique et social européen. (2007). *Plan d'action pour la logistique du transport de marchandises* (Rapport n° COM 607 final). Bruxelles, Belgique: Commission des Communautés européennes. Tiré de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0607:FIN:FR:PDF>
- Comtois, C. (2012). Définition et périmètre des grands corridors de transport fluvio-maritime. Dans EMS (édit.), *Les corridors de transport* (p. 65-86). France.
- Conde, F. (2012). *NASCO Outlook*. Texas: North America's Corridor Coalition.
- Corsi, J. (2006). Controversy Erupts Over NASCO and the NAFTA Super-Highway. *Human events*. Tiré de <http://www.humanevents.com/2006/06/26/controversy-erupts-over-nasco-and-the-nafta-superhighway/>
- CPDSD. (2011). Glossary of Terms. Tiré de <http://www.ci.clovis.ca.us/SERVICESANDDEPARTMENTS/PLANNING/Pages/GlossaryofDevelopmentTerms.aspx>
- CTD. (2002). *Definition and vision of sustainable transportation* Centre pour un transport durable (édit.), (p. 4). Tiré de http://cst.uwinnipeg.ca/documents/Definition_Vision_E.pdf
- Debie, J., & Comtois, C. (2010). Une relecterure du concept de corridors de transport: Illustration comparaison comparée Europ/Amérique du nord. *Les Cahiers scientifiques du transport*(58). Tiré de <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?idarticle=50892689>
- Deng, Y., Li, Q., Lu, Y., & Yuan, J. (2013). Topology vulnerability analysis and measure of urban metro network: The case of Nanjing. *Journal of networks*, 8(6), 1350-1356.
- Devlin, A., Frank, L., & vanLoon, J. (2009). *Physical activity and transportation benefits of walkable approaches to community design in british columbia*. British Columbia Recreation and Parks Association,. Tiré de http://health-design.spph.ubc.ca/files/2011/07/BCRPA_Transportation_Study_2009.pdf

- Eisenstein, W., Chester, M., & Pincetl, S. (2013). Policy options for incorporating life-cycle environmental assessment into transportation planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2397), 30-37.
- Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). *A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise*. Communication présentée à The second international conference on knowledge discovery and data mining, Oregon, USA (vol. 96, p. 226-231). Tiré de <http://www.aaai.org/Papers/KDD/1996/KDD96-037.pdf>
- Farrell, A. E., Plevin, R. J., Turner, B. T., Jones, A. D., O'hare, M., & Kammen, D. M. (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311(5760), 506-508.
- Frank, L. D. (2000). Land use and transportation interaction implications on public health and quality of life. *Journal of Planning Education and Research*, 20(1), 6-22.
- Frappier, A. (2015). *Méthode d'évaluation de la diversité et de la qualité des alternatives de déplacement de transport en commun*. (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/1983/>
- Frappier, A., Morency, C., & Trépanier, M. (2015). *A new method to measure the quality and diversity of transit trip alternatives* (Rapport n° CIRRELT-2015-51). CIRRELT. Tiré de <https://www.cirrelt.ca/DocumentsTravail/CIRRELT-2015-51.pdf>
- Fraser, A., & Chester, M. V. (2016). Environmental and Economic Consequences of Permanent Roadway Infrastructure Commitment: City Road Network Lifecycle Assessment and Los Angeles County. *Journal of Infrastructure Systems*, 22(1), 04015018. doi:10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000271
- Freire, P., Gemme, R., Glander, A., Hermann, F., Higuera, C., Horz, H.-W., . . . Verfaillie, D. (2007). Dictionnaire technique routier. Tiré de <http://www.piarc.org/fr/Dictionnaires-Terminologie-Transport-Routier-Route/terme/86687-fr-corridor+de+transport.htm?ls=fr>
- Friendly, M., & Denis, D. J. (2001). Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. *Retrieved*, 5(11), 2011.
- Godin, A. (2012). *L'accessibilité en transport: Méthodes et indicateurs*. (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/814/>
- Gonzalez, P., Hardesty, D., Hatcher, G., Mercer, M., & Waisley, M. (2012). *Integrated Corridor Management: Implementation Guide and Lessons Learned*. Tiré de http://ntl.bts.gov/lib/47000/47600/47670/FHWA-JPO-12-075_FinalPKG_508.pdf
- Gouvernement du Canada. (2007). *Cadre de politique nationale sur les portes et les corridors commerciaux stratégiques* (Rapport n° 978-0-662-06635-4). Tiré de <http://www.portesducanada.gc.ca/media/documents/fr/Cadredepolitiquenational.pdf>
- Grünwald, P. D., Myung, I. J., & Pitt, M. A. (2005). *Advances in minimum description length: Theory and applications*. Ohio, États-Unis: MIT press.
- Guo, D., Chen, J., MacEachren, A. M., & Liao, K. (2006). A visualization system for space-time and multivariate patterns (vis-stamp). *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 12(6), 1461-1474. doi:10.1109/TVCG.2006.84

- Hall, R. W., Miller, M., & Khattak, A. (1996). Evaluating the effectiveness of integrated traffic corridors: Concept and practice. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 3(1), 49-67.
- Hartgen, D. T., Chadwick, C. G., & Fields, M. G. (2008). *Transportation performance of the Canadian provinces* (Rapport n° 1918-0322). Canada: Fraser Institute. Tiré de <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/TransportationPerformancePart1.pdf>
- Hung, C.-C., Wei, L.-Y., & Peng, W.-C. (2012). Clustering Clues of Trajectories for Discovering Frequent Movement Behaviors. Dans Longbing Cao & Philip S. Yu (édit.), *Behavior Computing* (p. 179-196). London, Grande-Bretagne: Springer.
- Idaho Transportation Department. (2006). *Idaho Corridor Planning Guidebook*. Idaho Transportation Department. Tiré de <http://idahodocs.cdmhost.com/cdm/ref/collection/p16293coll3/id/239205>
- InterPlan Co. (2009). *North legacy transportation corridor supplemental study*. Utah, États-Unis: Utah Department of Transportation and Wasatch Front Regional Council. Tiré de http://www.co.weber.ut.us/mediawiki/images/1/15/Documentation_PreviousStudies_2009_NorthLegacyTransportationCorridorSupplementalStudy.pdf
- Isla, L., & Teknomo, K. (2016). Analysis of Metro Manila Road Network Robustness through Reachability Matrix. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 218, 141-151. doi:10.1016/j.sbspro.2016.04.017
- ISO. (2006). ISO14040: Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework (p. 20): International Organization for Standardization.
- Jacobs, A. B. (1993). *Great street*. Cambridge, États-Unis: MIT Press.
- Jara-Díaz, S., Tirachini, A., & Cortés, C. E. (2008). Modeling public transport corridors with aggregate and disaggregate demand. *Journal of Transport Geography*, 16(6), 430-435.
- JHK & Associates. (1993). *Orange county intelligent vehicle / highway systems study* (Rapport n° 4675). Pasadena, États-unis: Orange County Transportation Authority. Tiré de http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts_te/2799.pdf
- Jian, L., Lizhong, Y., & Daoliang, Z. (2005). Simulation of bi-direction pedestrian movement in corridor. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 354, 619-628. doi:10.1016/j.physa.2005.03.007
- Jiang, Y., Zengras, P. C., & Mehndiratta, S. (2012). Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China. *Journal of Transport Geography*, 20(1), 1-14.
- Jutand, F. (2015). *Ouverture des données de transport*. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Tiré de http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/vf_rapport_jutand.pdf
- Kyster-Hansen, H., Thisgaard, P., Henriques, M., & Niss, M. K. (2011). *EWTC II Green Corridors Manual – Draft definition* (Rapport n° 978-87-91726-63-7). Blekinge, Suède: Tiré de <http://www.ewtc2.eu/media/162523/ewtcii%20gcm%20-%20purpose%20definition%20vision.pdf>
- L'Hostis, A., & Conesa, A. (2010). Définir l'accessibilité intermodale. Dans Hermès (édit.), *Systèmes de Transport Urbain* (p. 23). Paris, France: IGAT.

- La banque de données terminologiques et linguistiques du gouvernement du Canada. (2012). Corridor. Tiré de <http://termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-fra.html?lang=fra&i=&index=enb&index=enb&srchtxt=corridor&comencsrch.x=12&comencsrch.y=11>
- Lee, J.-G., Han, J., Li, X., & Gonzalez, H. (2008). TraClass: trajectory classification using hierarchical region-based and trajectory-based clustering. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 1(1), 1081-1094.
- Lee, J.-G., Han, J., & Whang, K.-Y. (2007). *Trajectory clustering: a partition-and-group framework*. Communication présentée à Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD international conference on Management of data (p. 593-604).
- Lee, J., Park, B. B., Malakorn, K., & So, J. J. (2013). Sustainability assessments of cooperative vehicle intersection control at an urban corridor. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 32, 193-206.
- Lew, J. B., Anderson, J. L., & Muench, S. T. (2016). Informing Roadway Sustainability Practices by Using Greenroads Certified Project Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2589), 1-13.
- Lin, J., & Ban, Y. (2013). Complex Network Topology of Transportation Systems. *Transport Reviews*, 33(6), 658-685. doi:10.1080/01441647.2013.848955
- Litman, T. (2009). *A Good Example of Bad Transportation Performance Evaluation*. Tiré de http://www.vtpi.org/per_ind.pdf
- Litman, T. (2012). *Evaluating non-motorized transportation benefits and costs*. Tiré de <http://www.vtpi.org/nmt-tdm.pdf>
- Litman, T. (2015). *Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning* Victoria Transport Policy Institute. Tiré de <http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf>
- Liu, B., Luo, X., Qin, Z., & Li, Y. (2015). *Urban Traffic Corridor System Configuration Optimization Research under the Background of Low Carbon*. Communication présentée à Fifth International Conference on Transportation Engineering.
- Maiorana, J. J., & Board, N. R. C. T. R. (1994). *Corridor Preservation*: National Academy Press.
- Margail, F. (1996). De la correspondance à l'interopérabilité: les mots de l'interconnexion. *Flux*, 12(25), 28-35.
- McCormick Rankin Corporation. (2009). *Integrated transportation corridor: Phase 1 Feasibility Study*. Province of Nova Scotia. Tiré de <http://www.halifax.ca/traffic/documents/2009.MRC.IntegratedTransportationCorridor.pdf>
- MDDELCC. (2016). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990 (p. 23). Québec, Canada: Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère.
- METRO. (2012). *Orange line bus rapid transit sustainable corridor implementation plan*. Transportation Authority, Los Angeles County Metropolitan. Tiré de http://www.metro.net/projects_studies/sustainability/images/Orange_g4_draft_report.pdf

- Mohamed, M. G., & Saunier, N. (2015). *Behaviour analysis using a multi-level motion pattern learning framework*. Communication présentée à Transportation Research Board Annual Meeting Compendium of Papers, Washington D.C., États-Unis (p. 15-6018).
- Moniruzzaman, M., Páez, A., & Morency, C. (2014). Compliance potential mapping: a tool to assess potential contributions of walking towards physical activity guidelines. *BMC public health*, 14(1), 1.
- Moorthy, N. (1997). Planning of integrated transit network for bus and LRT. *Journal of advanced transportation*, 31(3), 283-309.
- Morency, C. (2006). Etude de méthodes d'analyse spatiale et illustration à l'aide de microdonnées urbaines de la Grande Région de Montréal. *Les Cahiers scientifiques du transport*, 49(7), 77-102.
- Morency, C., Demers, M., & Poliquin, E. (2014). Shifting short motorized trips to walking: the potential of active transportation for physical activity in Montreal. *Journal of Transport & Health*, 1(2), 100-107.
- Mota, D. R., Takano, M., & Taco, P. W. G. (2014). A Method Using GIS Integrated Voronoi Diagrams for Commuter Rail Station Identification: A Case Study from Brasilia (Brazil). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 162, 477-486. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.229
- Moulavi, D., Jaskowiak, P. A., Campello, R., Zimek, A., & Sander, J. (2014). *Density-based clustering validation*. Communication présentée à Proceedings of the 14th SIAM International Conference on Data Mining (SDM), Philadelphia, PA.
- Moutari, E. M., & Giraut, F. (2013). Le corridor de transhumance au Sahel: un archétype de territoire multisitué? *L'Espace géographique*, 42(4), 306-323.
- Murray, A. T. (2010). Advances in location modeling: GIS linkages and contributions. *Journal of geographical systems*, 12(3), 335-354.
- Nanni, M., & Pedreschi, D. (2006). Time-focused clustering of trajectories of moving objects. *Journal of Intelligent Information Systems*, 27(3), 267-289.
- NASCO. (2012). Corridor de commerce au centre du continent - NASCO. Tiré de <http://www.gov.mb.ca/mit/tpsd/trade.fr.html>
- Newman, P. W. G., & Kenworthy, J. R. (1996). The land use—transport connection. *Land Use Policy*, 13(1), 1-22. doi:10.1016/0264-8377(95)00027-5
- Nielsen, T. A. S., & Hovgesen, H. H. (2008). Exploratory mapping of commuter flows in England and Wales. *Journal of Transport Geography*, 16(2), 90-99. doi:10.1016/j.jtrangeo.2007.04.005
- Nouri, P. (2016). *Enhancing the gasoline vehicles' co2 emissions estimation in Montreal*. (Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de <http://publications.polymtl.ca/2038/>
- Ohio Department Of Transportation. (2013). Corridors Identification. Tiré de https://www.dot.state.oh.us/Divisions/Planning/SPR/StatewidePlanning/access.ohio/AO40_library/Reports/Corridor/Corridor%20Identification/Corridor_Identification_Narrative.pdf

- Oswald, M. R. (2008). *Rating the sustainability of transportation investments: corridors as a case study*. (Mémoire de maîtrise, University of Delaware, Newark, États-Unis). Tiré de https://www.ce.udel.edu/UTC/Presentation%2008/MichelleOswald-Master_Thesis.pdf
- Oswald, M. R., & McNeil, S. (2010). Rating Sustainability: Transportation Investments in Urban Corridors as a Case Study. *Journal of Urban Planning and Development*, 136(3), 177-185. doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000016
- Papageorgiou, M. (1995). An integrated control approach for traffic corridors. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 3(1), 19-30. doi:10.1016/0968-090x(94)00012-t
- Perl, A. D., & Goetz, A. R. (2015). Corridors, hybrids and networks: three global development strategies for high speed rail. *Journal of Transport Geography*, 42, 134-144. doi:10.1016/j.jtrangeo.2014.07.006
- Phan, D. (2005). Flow Map Layout Code. Tiré de <http://graphics.stanford.edu/~dphan/code/flowmap/>
- Phan, D., Xiao, L., Yeh, R., & Hanrahan, P. (2005). *Flow map layout*. Communication présentée à Information Visualization, 2005. INFOVIS 2005. IEEE Symposium on (p. 219-224).
- Priemus, H., & Zonneveld, W. (2003). What are corridors and what are the issues? Introduction to special issue: the governance of corridors. *Journal of Transport Geography*, 11(3), 167-177. doi:10.1016/s0966-6923(03)00028-0
- Pucci, P. (2016). Mobility Practices as a Knowledge and Design Tool for Urban Policy. Dans P. Pucci & M. Colleoni (édit.), *Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities* (p. 3-21). Cham: Springer International Publishing.
- Pucci, P., Manfredini, F., & Tagliolato, P. (2015). *Mapping urban practices through mobile phone data*: Springer.
- R. Reiss, R. Gordon L. Neudorff, & Harding, J. (2006). *Integrated Corridor Management Phase I concept Development and Foundational Research: Task 3.1 Develop Alternative Definitions*. Washington D.C.: United States Department of Transportation.
- Rae, A. (2011). Flow-data analysis with geographical information systems: a visual approach. *Environment and Planning-Part B*, 38(5), 776.
- Rao, Z. H., Zhang, P., & Guan, J. P. (2011). Urban Traffic Corridors Determination Based on Characteristics of OD Data-Nanning City as an Example. *Advanced Materials Research*, 2445-2448. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.403-408.2445
- Raveau, S., Muñoz, J. C., & de Grange, L. (2011). A topological route choice model for metro. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), 138-147. doi:10.1016/j.tra.2010.12.004
- Reggiani, A., Lampugnani, G., Nijkamp, P., & Pepping, G. (1995). Towards a typology of European inter-urban transport corridors for advanced transport telematics applications. *Journal of Transport Geography*, 3(1), 53-67. doi:10.1016/0966-6923(94)00003-8
- Reiss, R., Gordon, R., Neudorff, L., & Harding, J. (2006). *Integrated Corridor Management Phase I concept Development and Foundational Research: Task 3.1 Develop Alternative Definitions* (Rapport n° FHWA-JPO-06-034). Washington D.C., États-Unis: United States

Department of Transportation. Tiré de
<http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/reports/14273/files/14273.pdf>

- Rodrigue, J.-P. (2004). Freight, Gateways and Mega-Urban Regions: The Logistical Integration of the Bostwash Corridor1. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 95(2), 147-161. doi:10.1111/j.0040-747X.2004.t01-1-00297.x
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2009). *The geography of transport systems*. Florence, KY, USA: Routledge.
- Romein, A., Jacob Trip, J., & de Vries, J. (2003). The multi-scalar complexity of infrastructure planning: evidence from the Dutch–Flemish megacorridor. *Journal of Transport Geography*, 11(3), 205-213. doi:10.1016/s0966-6923(03)00031-0
- Sacramento. Regional Transit District. (2014). Glossary of Transit Terms. Tiré de <https://www.sacrt.com/transitglossary.stm>
- Saelens, B. E., Sallis, J. F., & Frank, L. D. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Ann Behav Med*, 25(2), 80-91. Tiré de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12704009>
- Salanne, I., Rönkkö, S., & Byring, B. (2010). *Supporting EU's freight transport logistics action plan on green corridors issues : Selection of Corridors* (Rapport n° 02-21-RD-2010-03-01-5). SuperGreen Consortium European Commission. Tiré de http://www.supergreenproject.eu/docs/public/FINAL%20PUBLIC%20Deliverable%202%201_WP%202_Super%20Green.pdf
- Samaras, C., & Meisterling, K. (2008). Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Plug-in Hybrid Vehicles: Implications for Policy. *Environmental Science & Technology*, 42(9), 3170-3176. doi:10.1021/es702178s
- Sicotte, G. (2015). *Modélisation de l'interdépendance entre modes de transport et chaînes de déplacements*. (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/1657/>
- Sioui, L. (2014). *Pour une approche pragmatique et opérationnelle de la mobilité durable : concept, méthodes et outils* (Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/1530/>
- Sioui, L., Morency, C., & Verreault, H. (2016). An Octopus and a circle at the basis of a framework for the evaluation of sustainable mobility. *Transport*, 1-7. doi:10.3846/16484142.2016.1156021
- Smith, S. A. (1999). Guidebook for transportation corridor studies : a process for effective decision-making. Dans Transportation Research Board & TransCore (édit.), (p. 286). Washington D.C., États-Unis: Transportation Research Board.
- Transports Canada. (2011). *Guide de planification et de ressources sur les transports Actifs au Canada*. Tiré de <http://www.tc.gc.ca/media/documents/programmes/gtaf.pdf>
- Trépanier, M., & Chapleau, R. (2001). Analyse orientée-objet et totalement désagrégée des données d'enquêtes ménages origine-destination. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 28(1), 48-58.

- Valiquette, F. (2010). *Typologie des chaînes de déplacements et modélisation descriptive des systèmes d'activités des personnes*. (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Canada). Tiré de https://publications.polymtl.ca/405/1/2010_FrancoisValiquette.pdf
- Vermont Agency of Transportation, & Cambridge Systematics. (2005). *Vermont Corridor Management Handbook* (p. 67). Tiré de http://vtransplanning.vermont.gov/sites/aot_policy/files/documents/planning/VTCorridorComplete.pdf
- Viggiano, C., Koutsopoulos, H. N., Wilson, N. H. M., & Attanucci, J. (2015). *Identifying opportunities for bus service expansion using automatically collected data*. Communication présentée à 14th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Santiago, Chile.
- Ville de Québec. (2012). Penser autrement les modes actifs de déplacement. Tiré de http://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/vie_democratique/participation_citoyenne/consultations_publicques/mobilite/mode_actif.aspx
- Vlachos, M., Kollios, G., & Gunopulos, D. (2002, 2002). *Discovering similar multidimensional trajectories*. Communication présentée à Data Engineering, 2002. Proceedings. 18th International Conference on (p. 673-684). doi:10.1109/ICDE.2002.994784
- Wang, Y., Li, L., Yu, J., Li, Z., Wang, S., & Ke, R. (2015). *Identifying the urban transportation corridor based on mobile phone data*. Communication présentée à Smart Cities Conference (ISC2), 2015 IEEE First International, Guadalajara, Mexique (p. 1-6). doi:10.1109/ISC2.2015.7366203
- Whebell, C. F. J. (1969). Corridors: A Theory of Urban Systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 59(1), 1-26. doi:10.1111/j.1467-8306.1969.tb00655.x
- Wikipedia. (2012, 02.09.2012). Route de la soie. Tiré de http://fr.wikipedia.org/wiki/Route_de_la_soie
- Williams, K. (2004). *Cooperative Agreements for Corridor Management* (Rapport n° Project 20-5 FY 2002, Topic 34-07). Washington D.C., États-Unis: Transportation Research Board. Tiré de <http://www.trb.org/Main/Public/Blurbs/155438.aspx>
- Witte, P. A. (2014). *The Corridor Chronicles. Integrated perspectives on European transport corridor development*. (Thèse de doctorat, Utrecht University Repository, Utrecht, Pays-Bas). Tiré de <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/293066>
- Wood, J., Dykes, J., Slingsby, A., & Radburn, R. (2009). *Flow trees for exploring spatial trajectories*. Communication présentée à The GIS Research UK, 17th Annual Conference, Durham, Grande-Bretagne (p. 31-34).
- World Resources Institute. (2015). GHG Protocol tool for mobile combustion. Version 2.6.
- WSDOT. (2013). Corridor Study. Tiré de <http://www.wsdot.wa.gov/planning/Studies/CorridorStudy.htm>
- Yang, Y., Mao, B., Lingling, Y., Kun, Q., Jia, F., & Liu, M. (2010, 16-16 Oct. 2010). *Types and characteristics analysis of integrated transportation corridors*. Communication présentée

à Transportation of China (AFTC 2010), 6th Advanced Forum on (p. 50-55).
doi:10.1049/cp.2010.1101

Zacharioudakis, P., & Mpaliami, T. (2012). *Supporting EU's freight transport logistics action plan on green corridors issues : Benchmarking green corridors with smart ICT* (Rapport n° 04-04-RD-2012-01-02). SuperGreen Consortium European Commission. Tiré de <http://www.supergreenproject.eu/docs/public/D4.4-PUBLIC.PDF>

ANNEXES

ANNEXE A - DÉFINITION D'UN CORRIDOR DE TRANSPORT

Tableau A.1: Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(Whebell, 1969)	A linear system of urban places together with the linking surface transport media.	linear system; urban places; linking.
(Maiorana & Board, 1994)	A strip of land between two termini within which traffic, topography, environment, and other characteristics are evaluated for transportation purposes.	Strip of land; Traffic; Typography; Environment; Transportation purposes.
(Pan. European Ministerial Transport Conference, Crete, March, 1994)	Take the form of broad up to 100 or 20 km wide. They have a multimodal character and do not prejudice the different transport modes called upon to serve these relations.	Width 20 – 100 km; Multimodal.
(Papageorgiou, 1995)	General highway network including both motorways and urban roads	Highway network.
(Smith, 1999)	A geographic area that accommodates travel or potential travel. A corridor is considered to be a « travel shed », an area where trips tend to cluster in a general linear pattern, with feeder routes (highway, transit, or non-motorized) linking to trunk lines that carry longer distance trips in a metropolitan area.	Geographic area; Travel and potential travel; Cluster in linear pattern; Feeder routes; Linking to trunk line; Longer distance trips; Métropolitan area.

Tableau A.1 (suite): Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(Chapman et al., 2003)	This corridor can be seen as a complex area of 'braided' infrastructure. It reports upon the spatial dynamics of transportation, economic development, urbanisation and institutional functions of that area	Complex area; Infrastructure; spatial dynamics of transportation; Economic, urbanisation and institutional functions
(Williams, 2004)	One or more primary transportation facilities that constitute a single pathway for the flow of people and goods within and between activity centers, as well as abutting land uses and supporting street network	Primary transportation facilities; Single pathway; Flow of people and goods; Between activity centers; Land uses and network.
(Rodrigue, 2004)	Corridors, as an accumulation of flows and infrastructures, are dynamic entities linked with economic, infrastructural and technological processes	Flows and infrastructures; Dynamic; Linked with Eco., Infrastr., technol.
(Jian et al., 2005)	As a starting point, we can imagine corridors to be bundles of infrastructure that link two or more urban areas.	Bundles of infrastructure; Link urban areas.

Tableau A.1 (suite): Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(Vermont Agency of Transportation & Cambridge Systematics, 2005)	<p>A broad geographic band connecting population and employment centers, served by various transportation modes, within which passenger and freight travel, land use, topography, environment and other characteristics are evaluated for transportation purposes.</p> <p>A corridor can vary in length from one mile to over 100 miles. In Vermont, most corridor studies will be defined to include a stretch of roadway, its right-of-way (including utilities, drainage, traffic control devices, and parallel, sidewalks or pathways), adjacent land use development, and elements that compose the scenic view. In many cases, it will be appropriate to also include one or more parallel roadways and/or rail lines.</p> <p>The definition of a corridor study area includes the corridor itself as well as nearby land areas and transportation facilities (e.g., airports, freight terminals) that influence travel demand in the corridor. The geographic boundaries of the study area typically coincide with geographic units used for reporting population, employment and travel demand data, such as cities, towns, or census tracts. This allows for use of readily available information on likely future growth patterns and transportation needs. However, the study area definition should be based on an understanding of travel patterns and needs rather than on data availability considerations.</p>	<p>Geographic band; Connecting people and employment; Various modes; Passengers and goods travel; Land use; Topography; Environment; Length 1 to 100 miles; Roadway, sidewalks or pathways; Scenic view; Parallel roadways; Corridor and nearby area and transportation facilities form corridor study area; Geographic boundaries coincide: geographic units, employment, travel demand data; study area based on an understanding of travel patterns.</p>

Tableau A.1 (suite): Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(Idaho Transportation Department, 2006)	A broad geographic area, defined by logical, existing and forecasted travel patterns served by various modal transportation systems that provide important connections within and between regions of the state for people, goods, and services. Travel within the corridor may include vehicular, rail, transit, water, air, or non-motorized.	Geographic area; logical, existing and forecasted travel patterns; Various modal transportation systems; People, goods and services.
(R. Reiss et al., 2006)	A largely linear geographic band defined by existing and forecasted travel patterns involving both people and goods. The corridor serves a particular travel market or markets that are affected by similar transportation needs and mobility issues. The corridor includes various networks (e.g., limited access facility, surface arterial(s), transit, bicycle, pedestrian pathway, waterway) that provide similar or complementary transportation functions. Additionally, the corridor includes cross-network connections that permit the individual networks to be readily accessible from each other.	Linear geographic band; Existing and forecasted travel patterns; People and goods; Affected by similar transportation needs; Various networks; Cross-network connections.
(Freire et al., 2007)	Ensemble d'équipements de transport grossièrement parallèles offrant des alternatives de choix modal entre deux points	Ensemble d'équipements ; Grossièrement parallèles ; Entre deux points ;
(Gouvernement du Canada, 2007)	Des ensembles importants d'infrastructures de transport maritime, routier, ferroviaire et aérien d'importance nationale pour le commerce international, dans une zone géographique définie	Zone géographique ; Infrastructures ; Routier, ferroviaire etc. ; Importance nationale pour le commerce.

Tableau A.1 (suite): Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(InterPlan Co., 2009)	The path of a transportation facility that already exists or may be built in the future.	Path of transportation facility; Exists or in the future.
(Rodrigue et al., 2009)	A linear orientation of transport routes and flows connecting important locations that act as origins, destinations or points of transshipment. Corridors are multi-scalar entities depending on what types of flows is being investigated. Thus, they can be composed of streets, highways, transit routes, rail lines, maritime lines, or air paths.	Linear; Connecting important locations; Streets, highways, TC, rail lines; Multi-scalar entities depending on types of flows investigated;
(CPDSD, 2011)	A combination of discrete, adjacent surface transportation networks (e.g., freeway, arterial roads, rail networks) that link the same major origins and destinations. It is defined operationally rather than geographically or organizationally.	Discrete, adjacent surface transportation networks; link major origins and destinations; Defined operationally rather than geographically or organizationally.
(Rao et al., 2011)	Urban corridor is the concentration of travel demand in space, with the characteristics of high traffic volume, long trip distance and so on.	Concentration of travel demand; High traffic volume; Long trip distance.

Tableau A.1 (suite): Synthèse chronologique et analyse par mots clés des principales définitions d'un corridor dans la littérature

Source	Définition	Mots clés
(Moutari & Giraut, 2013)	Le corridor est une figure d'aménagement par définition transterritoriale qui a pour but de permettre et de sécuriser la mobilité dans un système constitué d'entités fermées.	Figure transterritoriale ; Sécuriser la mobilité ; Entités fermées.
(Sacramento. Regional Transit District, 2014)	A broad geographical band that follows a general directional flow or connects major sources of trips. It may contain a number of streets and highways and many transit lines and routes.	Geographical band; Follows a general directional flow; Connects major sources of trips; Street, highways, TC;
(Liu et al., 2015)	Urban transport corridor area undertook most traffic travel in the intensive land use area.	Most traffic travel; Land use area.
(Wang et al., 2015)	Corridor as a geographically continuous line which has large trajectory concentration and traffic attraction between different regions.	Continuous line; Trajectory concentration; Between different regions.

ANNEXE B - ARTICLE 5: TRACLUS-DL: A DESIRE LINE CLUSTERING FRAMEWORK TO IDENTIFY DEMAND CORRIDORS

Rédigé par :

Kinan Bahbouh¹⁴, James R. Wagner, Catherine Morency et Chantal Berdier

Accepté pour présentation au congrès annuel de TRB en janvier 2015

Publié en 2015 dans:

The 2015 Annual Meeting Compendium of Papers, paper n. 15-3508

<https://trid.trb.org/view.aspx?id=1338139>

Examiné en comité de lecture (*peer-reviewed*) par :

Transportation Planning Applications Committee

ABSTRACT

In an ideal world, transportation networks and services would be adapted to each individual specific travel demand and would perfectly fit the corresponding desire lines (direct lines between origin and destination points). In practice, networks cannot be designed to respond to each individual trip; still, it is possible to optimize transportation systems from a collective demand point of view. To move from an individual to a collective scale, individual demands need to be encapsulated into demand corridors.

Current spatial tools and data mining techniques are able to identify corridors from numerous movements by using linear or non-linear trajectory data, but their limitations include the use of non-intuitive parameters from transportation point of view in addition to the application of some aggregation processes that make it difficult to retrace attributes from individual input data and hence to benefit from the richness of available data after processing. For that reason, we propose a new algorithm called Trajectory Clustering for Desire Lines (TraClus-DL) able to identify corridors from origin-destination information with simple parameters such as spatial location,

¹⁴ La contribution à l'article de Kinan Bahbouh (rédaction, expérimentation, recherche bibliographique, etc.) est estimée à plus de 80%.

angles between lines and sampling weights. The functionality of TraClus-DL as a diagnostic tool for transportation supply is assessed and tested using data from the 2008 Origin-Destination travel survey conducted in the Montreal area. The results' sensitivity with respect to parameter settings is evaluated and a comparison with an existing algorithm is proposed.

This paper demonstrates that demand corridor identification could be used for transportation design and planning and in decision-making processes where a diagnostic tool is needed to evaluate how much the transportation supply differs from the individual travel demand. TraClus-DL offers a convenient tool for transportation specialists, with intuitive input parameters and exhaustive outputs offering more possibilities to conduct deep analyses on corridors

B.1. Introduction

In a historical review about urban transportation planning, Weiner (1986) notes that in the early 1950s network characteristics and travel volume became insufficient for effective transportation planning in complex areas such as urban zones. As a result, data collection methods were developed and collected information were analysed to recognize travel patterns and factors affecting urban movements, for example, Origin-Destination (OD) surveys. By the mid-1950s more than 100 OD surveys had already been conducted in American metropolitan areas. Since then, OD data have become valuable resources in providing a clear picture of mobility patterns at both the individual and collective scale, and a great deal of research has been carried out using the surveys' data in transportation planning and decision making processes. In the past, much research relied solely on aggregated data due to the complexity of data processing with the available tools and the time that required; consequently, the methods did not benefit from the richness of the available data and results were limited accordingly. Nevertheless, the last decade has brought powerful tools and approaches to handle large sets of micro Data, such as spatial analysis tools or data mining methods (Chu, 2014; Morency, 2006; Trépanier & Chapleau, 2001).

Many researchers have benefited from these advances to better understand mobility and improve their studies using OD data. Some aimed to improved transportations services (Jara-Díaz, Tirachini, & Cortés, 2008), to assess service accessibility (Jiang et al., 2012) and still others have utilized OD data to simply visualize large amounts of disaggregated data (Bahbouh & Morency, 2014).

Any OD survey set carries basic information about individual trips through the origin and the destination points. The line connecting the origin and the destination points represents the theoretical shortest path for an individual; this line is called a desire line. As the transportation supply is usually designed to fulfill collective demand, individual travels need to be synthesized to a collective scale. Methodologically speaking, this means that desire lines need to be aggregated into corridors, where a corridor can be seen as a “watershed” gathering together similar individual trips (Smith, 1999). Therefore, identifying corridors from desire lines is a way to identify optimal collective axes where desire lines are encapsulated to form what we can call demand corridors.

Most of the research regarding corridor definition relies on the presence of physical infrastructures and human activities within a specific territory to identify corridors (Chapman et al., 2003; Priemus

& Zonneveld, 2003; Reggiani, Lampugnani, Nijkamp, & Pepping, 1995), and so the potential optimal collective axes may not always be detected. Only a few studies on identifying corridors using the demand have been found in the literature. Liu et al. (1996) proposed a model to identify rail corridor locations based on pre-defined paths and OD data using an optimization cost approach to adjust the corridor locations. Other studies (Clark & Oxley, 1991; Moorthy, 1997) used an OD matrix and a predefined intra-zonal spider web network to identify corridors. In more recent studies, Verma et al. (2011) proposed a framework to identify transit corridors based on OD data, road networks, Geographical Information Systems (GIS) and optimization algorithms to minimize costs for both users and operators, while Rao et al. (2012) identified urban transportation corridors using aggregated OD data and a data-mining method.

From the available literature, we observe two recurring elements: using processed data to simplify the complexity of OD sets, and using a pre-identified network and then applying optimization techniques to adjust corridor location; most of those optimization techniques rely on operational concepts such as optimizing travel distance or travel time.

In a different context, Lee et al. (2007) proposed a framework called Trajectory Clustering (TraClus) to identify animal and hurricane corridors. Bahbouh and Morency (2014) tested the potential of using TraClus to identify corridors from desire lines only; while they proposed interesting results, they highlighted the difficulties inherent to the direct application of TraClus to transportation problems. Those difficulties are related to parameter definitions and to the mismatch of TraClus process to desire line features. In fact, TraClus parameters are not easy to select and to interpret since they are formulated using simple physical concept such as Euclidean distances. In addition, the framework does not directly support some of the desire line features, such as direction or sampling weight.

One of the main objectives of this paper is to contribute to the limited existing literature by proposing a well-defined method and practice to define and identify corridors from demand. Furthermore, the paper illustrates the potential of using demand corridors to assess the adequacy of the transportation supply with respect to the demand.

In order to identify demand corridors we propose an improved process of trajectory clustering called Trajectory Clustering for Desire Lines (TraClus-DL), adapted to identify demand corridors

from desire lines. The functionality of TraClus-DL as a diagnostic tool for transportation needs is tested using a set of data from the 2008 Montreal Origin-Destination survey.

The remainder of the paper is organized as follows: this introduction section is followed by a presentation of a general corridor classification and a brief definition of some corridor features that are used to architect the TraClus-DL algorithm. Section three presents the demand corridor identification algorithm (TraClus-DL), and then the research methodology and the case study are covered in section four. Section five examines the impacts of various parameters, and section six and seven discuss the advantages and limitations of using TraClus-DL and provide a general conclusion.

B.2. Transportation Corridors

Transportation corridors can be classified mainly into supply corridors and demand corridors. While supply corridors are identified based on the transportation supply elements and characteristics such as location and capacity; demand corridors are typically identified from transportation demand elements, without the direct influence of any administrative or environmental constraints. Supply corridors can be used in long-range transportation planning and decision making processes (Carr et al., 2010; Smith, 1999), and demand corridors may be used as a reference comparison unit in decision-making processes to diagnose and evaluate how much the transportation supply differs from the travel demand.

Desire lines are a simple way to represent the demand; therefore, identifying corridors directly from desire lines leads to identifying the corridors that most closely match the demand.

A summary of main corridor features is an essential step in designing an algorithm able to identify corridors from desire lines. We build on transportation literature (Carr et al., 2010; Rao et al., 2011; Reiss et al., 2006; Smith, 1999) that describes corridors as dynamic and linear zones with a high trip concentration to clarify and incorporate main corridor features in the proposed algorithm. The description elements are clarified below.

B.2.1. High trip concentration

A minimum number of trips is required to identify a corridor zone. This minimum requirement is highly associated with the study objectives. For example, identifying demand corridors for potential transit services usually requires more trips than identifying pedestrian demand corridor.

B.2.2. Dynamic

The dynamic feature refers to the possibility of changing the corridor structure (direction, length, position, etc.) based on mobility variables such as trip distance, start time, commuter's gender, income, etc. Consequently, it is possible, based on those variables, to identify different corridors in the same territory (e.g. rush hour or nighttime corridors, employee or student corridors, etc.).

B.2.3. Linear

Reiss and al. (Reiss et al., 2006) define linearity in corridors as “*the sense of a particular cardinal direction*”. In a demand corridor derived from desire lines, a variable or an equation can be used to measure the similarity of direction. We propose to use the angle of desire lines to determine if two lines belong to the same corridor or not. Our hypothesis, illustrated in Figure B.1, presumes that two lines with angles differing by 90 degrees or more absolutely belong to different corridors. Corridors act as travel-sheds and tend to gather desire lines from each side of their axes, so they cannot include lines with angles greater than 45° from the travel-shed axis. Consequently, the maximum angle between the travel-shed and desire lines should not be greater than 22.5° .

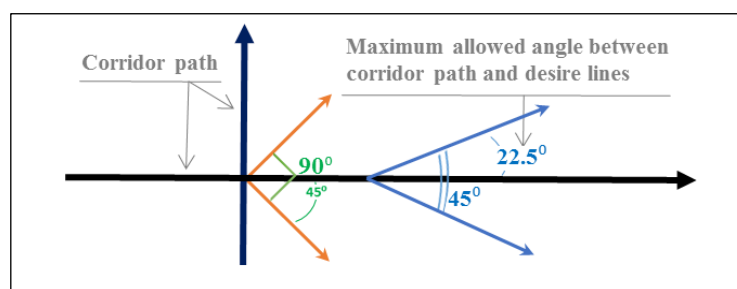


Figure B.1: Maximum angle between main corridor path and desire lines

B.2.4. Zone

Corridors are zones that encapsulate similar desire lines together, and are defined by their location, length and width. Thus, a corridor will continue as long as a sufficient number of similar trips are present. The width of a zone, called the influence width, may vary depending on many aspects such as topographical or commuter characteristics. The literature provides various examples linking corridor widths to trip modes; pedestrian or cycling ones can have widths of up to a hundred meters, transit corridors can have widths of up to two kilometers, and international trade corridors have widths in the tens of kilometers. Furthermore, some studies propose assigning an approximate width instead of a fixed one, as corridor width should be able to increase slightly to include nearby similar trips (Reiss et al., 2006; Vermont Agency of Transportation & Cambridge Systematics, 2005).

In demand corridors, the only elements that should be used to identify corridor width (\mathbf{W}) are those related to the demand. The hypothesis start from the fact that desire line length $L_{ld(n)}$ represents the optimal distance at the individual scale and consequently the sum $(\sum_1^n L_{ld(n)})$ represents the optimal collective distance. At the collective scale, a corridor regroups a minimum number of desire lines within a certain width (\mathbf{W}) in order to maintain the sum of distances involving the corridor ($L_{corridor-network}$) under an acceptable detour limit from $(\sum_1^n L_{ld(n)})$; in other words, (\mathbf{W}) should be selected to maintain :

$$\frac{L_{corridor-network}}{\sum_1^n L_{ld(n)}} \leq \text{acceptable detour}$$

For more clarification, the hypothesis elements are illustrated in Figure B.2.

It should be stressed that an acceptable detour may differ from one study to another and it depends heavily on the number of trips to be regrouped. In network design this indicator should be minimised; the ultimate value will not be less than one, as an acceptable detour of a value of one is a standard for overlaid desire lines.

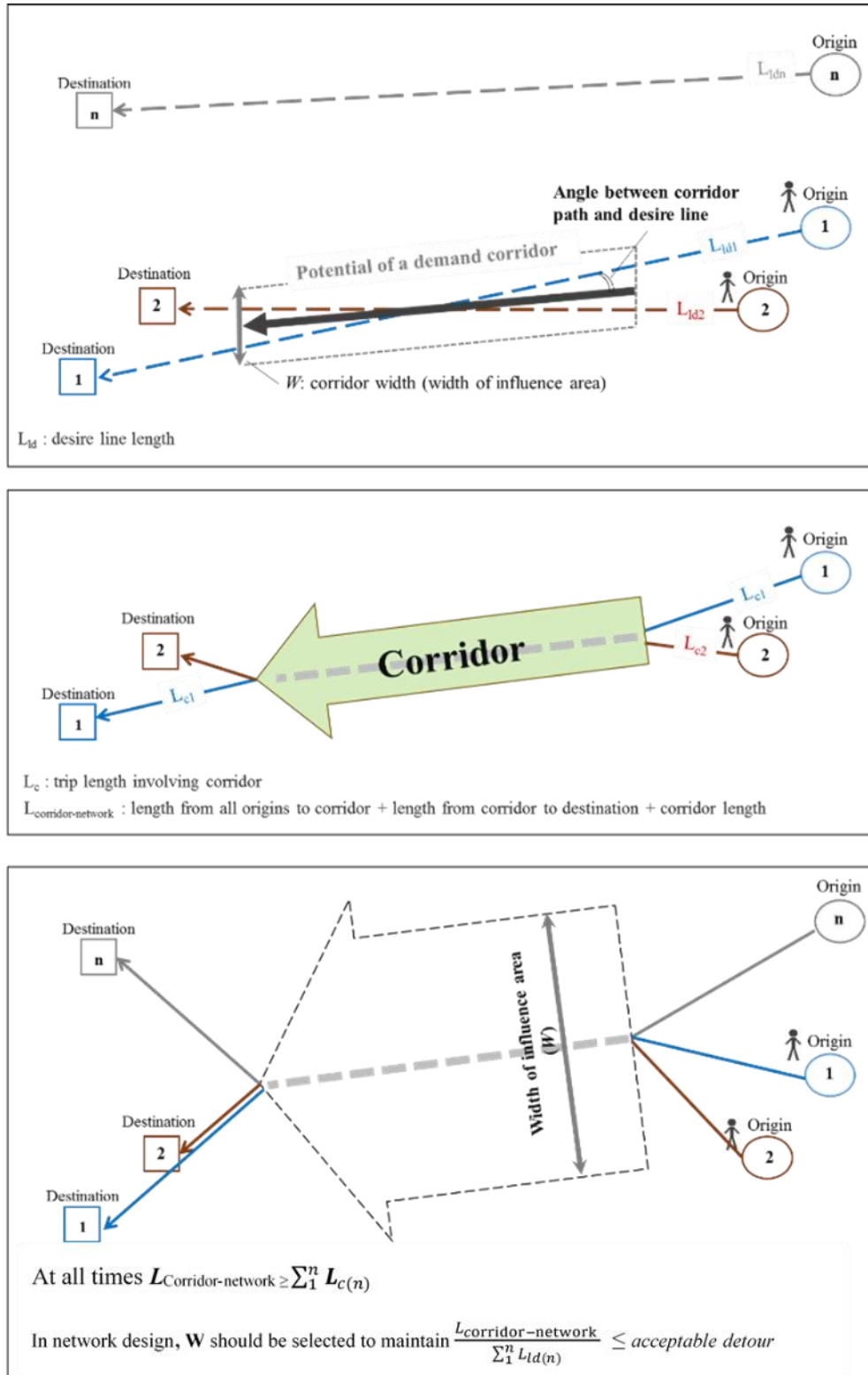


Figure B.2: Corridor identification based on features

B.3. Demand Corridor Identification Algorithm (TraClus-DL)

This section presents the global TraClus-DL structure with its inputs and outputs, followed by a brief overview and detailed description of the algorithm.

B.3.1. TraClus-DL structure

Applying data mining techniques to travel data has led to many successful results in discovering travel patterns and behaviors. Two kinds of trajectory clustering using travel data can be found in the literature: (a) *whole trajectory clustering*, which measures similarities between trajectories as a whole and then clusters similar ones together; and (b) *partition-and-group trajectory clustering*, which divides trajectories into portions, measures the similarities between portions and then clusters similar portions together. TraClus is a density-based clustering method that belongs to the partition-and-group type (Lee, J.-G. et al., 2007).

Using TraClus on desire lines raises some challenges. First, TraClus was designed for complex trajectories such as hurricanes or animal migrations, and experience shows that it does not perform segmentation on straight lines. Another challenge is related to the fact that parameter selection is neither particularly intuitive nor coherent with typical urban and network design rules; more information about TraClus parameters is provided in section five.

The proposed algorithm (TraClus-DL) has a similar general structure to that of the existing TraClus; it divides desire lines into equal segments in order to build corridors based on these segments rather than using the entire desire lines, thereby making corridors more specific and fine-grained.

The inputs of TraClus-DL are a plain text file containing a unique trip identifier (observation ID), the origin and destination coordinates, and a weight (corresponding to the number of trips represented by each observation, if applicable as in the case of sample data), as well as four simple parameters adapted to transportation planning:

1. Width of the influence area represented by half the width of the expected corridor (max_distance);
2. Maximum angle allowed between the main corridor path and the desire lines (max_angle);

3. Minimum number of observations (or sampling weight) required to create a corridor (min_weight); and
4. Segmentation length (segment_length).

The output is a set of demand corridors with information about clustered segments. As the observation ID is preserved and linked to its segments and corridors, it is possible to perform further analyses after processing using all the available observations information related to each observation.

B.3.2. TraClus-DL core algorithm

The core of TraClus-DL is a clustering algorithm adapted to spatial data and which relies on a standard algorithm called the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN). DBSCAN is a clustering algorithm able to identify areas with a minimum number of points by using two parameters as input: (a) the maximum distance between two points to be considered in the same neighborhood and (b) the minimum number of points in the neighborhood to be considered as a cluster.

In DBSCAN, an arbitrary point is chosen as a seed and then points in the neighbourhood of this seed are selected. If this neighborhood is sufficiently dense, a cluster is created with the selected points. The algorithm then expands from those points and scans for the presence of other points within the maximum distance to be added to the original cluster, and so on. Because of the way DBSCAN works and as a general rule, the final set of clusters will be the same regardless of the sequence in which arbitrary points are selected as seeds. Detailed information about the DBSCAN algorithm can be found in (Ester et al., 1996).

Inspired by the DBSCAN algorithm, we developed an adapted version called DBSCAN-Seg that deals with segments instead of points to integrate direction by using the angle (direction) of desire lines. Adding the angle condition prevents segments that differ by more than a specified angle from being assigned to the same corridor. The DBSCAN-Seg algorithm has the ability to expand and thus to encapsulate nearby demand segments beyond the fixed exact width; this ability makes corridor width lightly flexible.

B.3.2.1. TraClus-DL processing stages

TraClus-DL contains three main stages: (a) Pre-processing, (b) DBSCAN-Seg processing and queue formation, and (c) Final corridor assignment. Each stage is described below, and the three pseudo-codes (Algorithms) are presented in the appendix. Figure B.3 proposes a general schematic view of main process.

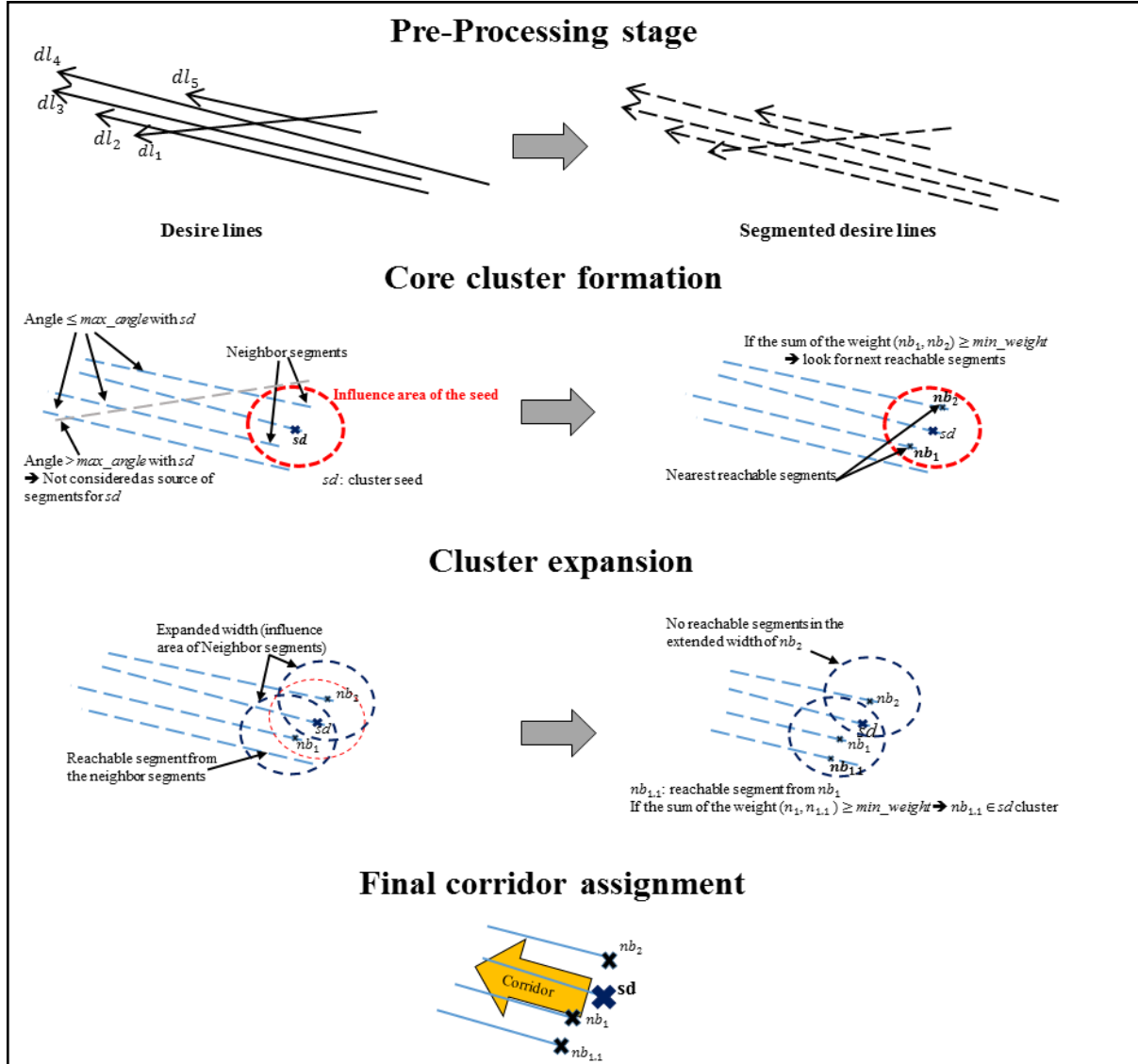


Figure B.3: TraClus-DL processing stages

B.3.2.1.1. Pre-processing stage

Pre-processing consists of reading each desire line from the input file and dividing each line into segments of size *segment_length*. This stage is computed in Algorithm 1.

B.3.2.1.2. DBSCAN-Seg processing and Queue Formation stage

This sophisticated stage aims, by its three sub-functions, to identify the location of demand corridors; its pseudo-code is presented in Algorithm 2.

Core Cluster Formation sub-function: In DBSCAN-Seg, each desire line segment is sequentially considered as a cluster seed (*sd*). For each desire line (*dl*) having an angle with (*sd*) below the maximum angle (*max_angle*), the minimum distance between the desire line and the midpoint of *sd* is obtained. If this distance is below the maximum distance (*max_distance*), the neighboring segment (*nb*) containing the point closest to the midpoint of (*sd*) is added to the candidate cluster; a desire line contributes a maximum of one segment to each candidate cluster to avoid a desire line weight being counted twice at the same time.

The sum of the weights of the neighbor segments in the candidate cluster is calculated: if the sum is greater than the minimum weight (*min_weight*), this cluster is expanded and the final cluster obtained is added to the priority queue as explained in the next two steps. Otherwise, the cluster is discarded and no further action is taken.

Cluster Expansion sub-function: For each *nb*, the algorithm will regroup in a set all segments within the minimum distance from *nb* and whose angle is less than the *max_angle* with the original seed. If the sum of the weights of this set is above *min_weight*, segments will be added to the cluster. The cluster will continue to expand until every segment added to the cluster has been considered in this way. It should be stressed that in this sub-function, candidate segments are compared using the distance from neighboring segments *nb*, but the angle is always compared with the original seed segment to ensure that the obtained corridors reflect desire lines with similar directions.

Queue Formation sub-function: After each segment in the dataset has been considered as a seed and the sum of the weights of its expanded cluster obtained, the segments are put in a priority queue with the top priority given to the cluster with the maximum weight. Note that each segment is

considered independently as a seed for a cluster, hence the clusters can and will overlap in terms of their assigned segments. The following step will manage this issue.

B.3.2.1.3. Final corridor assignment

In this final stage, the top priority cluster is popped from the queue and output as a corridor segment. The member segments belonging to the top priority cluster are then removed from each remaining cluster in the queue and the queue ranking is adapted accordingly. Any cluster whose sum of weights falls below the *max_weight* threshold is deleted from the queue and not considered further. This process is repeated using the next-highest cluster in the queue until every cluster has either been popped or deleted from the queue. The pseudo-code of this step is presented in Algorithm 3.

B.3.2.1.4. Post processing

The aggregation of consecutive corridors with the same direction (smoothing) can make it easier to understand travel patterns. TraClus-DL does not include a smoothing phase but a smoothing algorithm can be applied independently to the set of corridors to generate continuous and long corridors. Case Study: Methodology and Data

The experimental part of the research aims to identify demand corridors from disaggregated OD data using the TraClus-DL algorithm. The corridor identification methodology has five steps: objectives identification; data selection; data processing; visualization and analysis of results. The case study below illustrates the potential of demand corridors to assess urban network design by studying short motorized trips.

B.4. Objectives

Walking is one of the active transportation modes that can contribute to the daily volume of physical activity and have positive effects on health (Frank, 2000). In Montreal, using OD survey data, researchers found that about 7.7% of daily motorized trips are within walkable distances (Bahbouh & Morency, 2014); the study defined different walking threshold distances for various population segments.

In this analysis, the objective is to identify zones with latent walkable trips in order to propose improvements to promote mode shift. The paper does not analyze factors affecting walkability or

identify measures to be applied but it illustrates the role that corridor analysis can play in urban transportation network design.

B.4.1. Data selection

Disaggregated data from the latest available survey in Montreal area, the 2008 OD survey, are used for the case study. In Montreal, such surveys are carried out every five years and gather detailed information on daily trips during a typical weekday (for the 5 years and older); sample size is around 4.5% of the population. One important output of the survey is a disaggregated OD matrix that contains information such as transportation mode, trip purpose and departure time. The sample is expanded to represent the reference population and can hence be used for statistical inference. Main socio-economic details are also available (age, gender, household size, car ownership, etc.). More details on these surveys can be found on the website (Agence Métropolitaine de Transport, 2013). The variables used in this study are presented in Table B.1.

Table B.1: Variables used from the OD survey

IPERE	Unique identifier for trips	FACPER	Expansion factor (sampling weights)
XORIG, YORIG	x, y coordinates of origin point	MOTIF	Trip purpose (e.g. leisure, work, study, etc.)
XDEST, YDEST	x, y coordinates of destination point	MODE	Transportation mode (e.g. transit, car passenger, etc.)

For this research, we use a predetermined walking distance threshold of 1.3 km; this means that all trips less than 1.3 km are considered walkable.

We extract the motorized trips with straight-line distance below this threshold (23,452 OD observations representing 590,922 trips). The threshold distance is selected based on values proposed in the literature, usually a distance varying between hundreds of meters up to 1.6 km depending on various factors such as gender, age, land use, trip purpose, etc. (Apparicio & Séguin, 2006; Jiang et al., 2012; Moniruzzaman, Páez, & Morency, 2014; Morency, Demers, & Poliquin, 2014; Saelens, Sallis, & Frank, 2003). The threshold distance can be adjusted in future studies based on the population segment of interest. The selected motorized modes are Park-and-Ride (PR); Kiss-and-Ride (KR); Car Driver (CD); Car Passenger (CP); Transit (TC); School Bus (SB).

For simplification and visualization purposes, only results from a small area (Nun's Island) are presented and analysed in this paper. Figure B.4 illustrates the desire lines from the observed OD data.

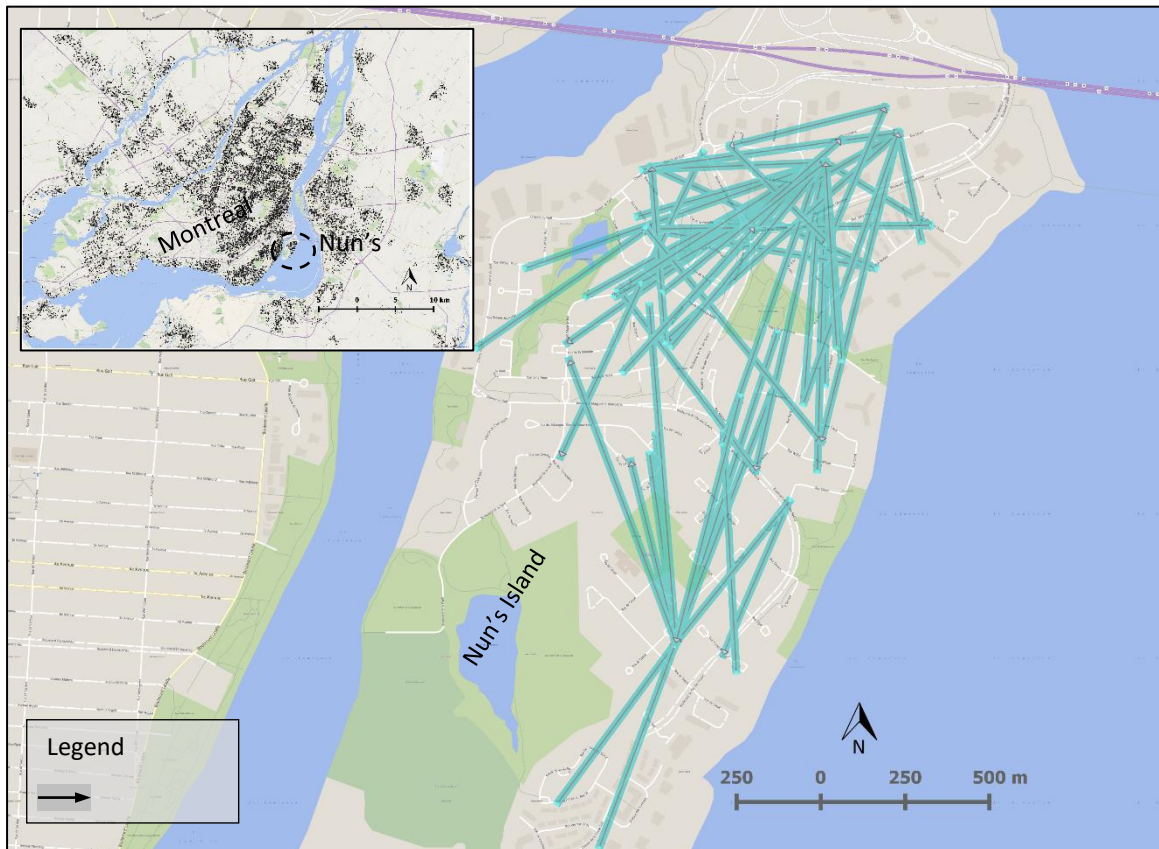


Figure B.4: Motorised trips with less than 1.3 km threshold distance in the Montreal area and Nun's Island (OD survey, 2008)

B.4.2. Data Preparation and Processing

TraClus-DL was applied on all of the selected OD pairs using 50 meters as the *Max_distance* (total width of 100 meters), a minimum number of trips in cluster (*min_weight*) of 4 observations, a segmentation length (*segmentation*) of 50 meters and a maximum allowed angle (*angle*) of 10° (difference in angles between any two lines is not greater than 20°). The effects of parameter selection are discussed later in section five.

B.4.3. Visualization and Results Analyses

After applying TraClus-DL, a GIS tool is used to visualize the outputs. TraClus-DL outputs are sets of short corridors, as shown in (a), carrying information about each segment that has been associated to the corridors; each corridor gathers at least four segments from different observations, and some corridors even gather more than 10 segments from different observations.

In order to identify clear patterns, we connect consecutive corridors that have the same direction by applying a smoothing algorithm; the smoothing results are presented in Figure B.5(b).

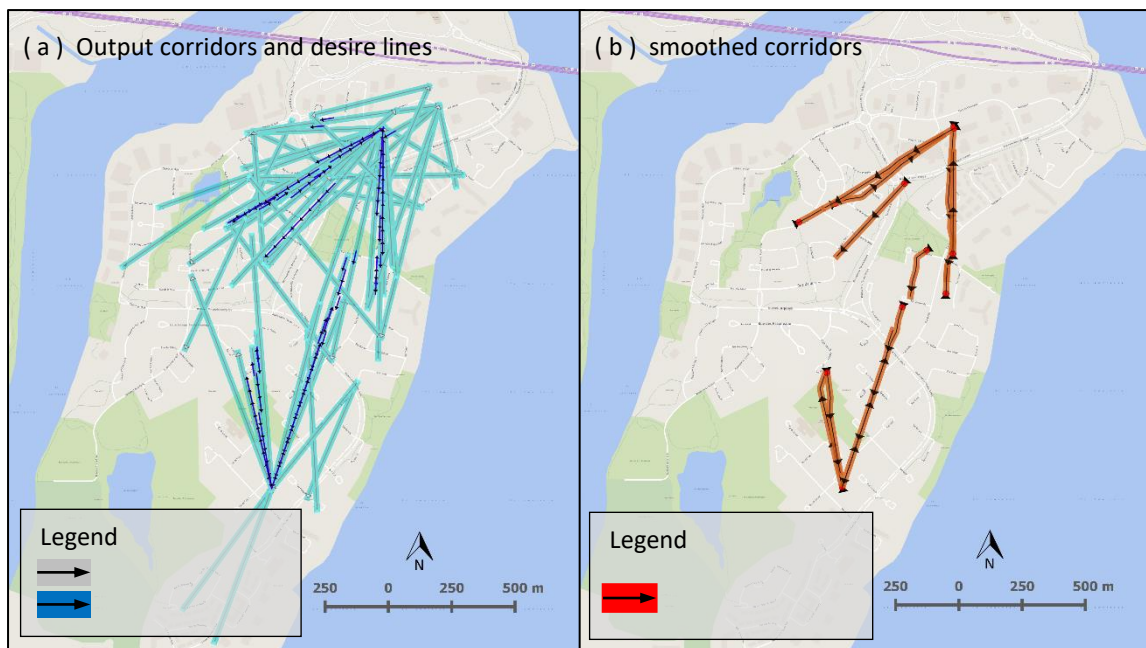


Figure B.5: Nun's Island demand corridors

A movement pattern can be distinguished from residential areas to shopping and school areas and vice-versa; analyzing clustered trips reveals that 90% of trips rely on car (car driver or passenger), 50% of trips are return home trips while the other half are mainly for shopping and study purposes. Using motorized modes for short distances could be related to many factors such as land use and urban network design.

A description of the study area would be helpful to understand the mobility patterns. Nuns' Island is a residential area near the centre of Montreal city and is designed so its services are concentrated in specific zones. Figure B.5 (a) illustrates that Nuns' Island's network has a low connectivity; its streets are not laid out in a grid pattern like the older, more central Montreal boroughs. Various factors that influence the probability of choosing a motorized or non-motorized mode are cited in

the literature, namely the network connectivity and the proximity (distance) to activity locations, as well as some other factors related to the transportation supply and the environment (Saelens et al., 2003).

To advance this analysis, an indicator is needed to evaluate the transportation network; demand corridors may help to better understand how far transportation networks are from their “optimal” design. Desire lines are the direct connection between origin and destination points and they are encapsulated and canalized by demand corridors in order to reduce total network length without increasing significantly the individual travel distance. We can therefore utilize this concept to evaluate the network from a collective point of view.

Our method uses the tortuosity indicator (detour factor), generally defined as the ratio between the distance when using a transportation network and the direct line distance (desire line) (Jiang et al., 2012). This indicator gives an approximation of how far the supply is from the unprocessed demand, and it reflects the network disadvantage at the individual level. Since the network is usually designed to satisfy collective demand and not simply individual demand, we adapt this indicator to the corridor concept in order to evaluate how far the supply is from the collective demand. Thus, the collective tortuosity (collective detour in a specific corridor) is calculated as the ratio between the network distance and the distance using the associate demand corridors. The demand corridor distance, as explained in Figure B.6 (b), is calculated as the sum of the distance from the origin point to the first corridor segment that corresponds to a desire line and the length of the corridor’s associated with the trip, and finally the distance from the last corridor segment corresponding to a desire line to the destination point.

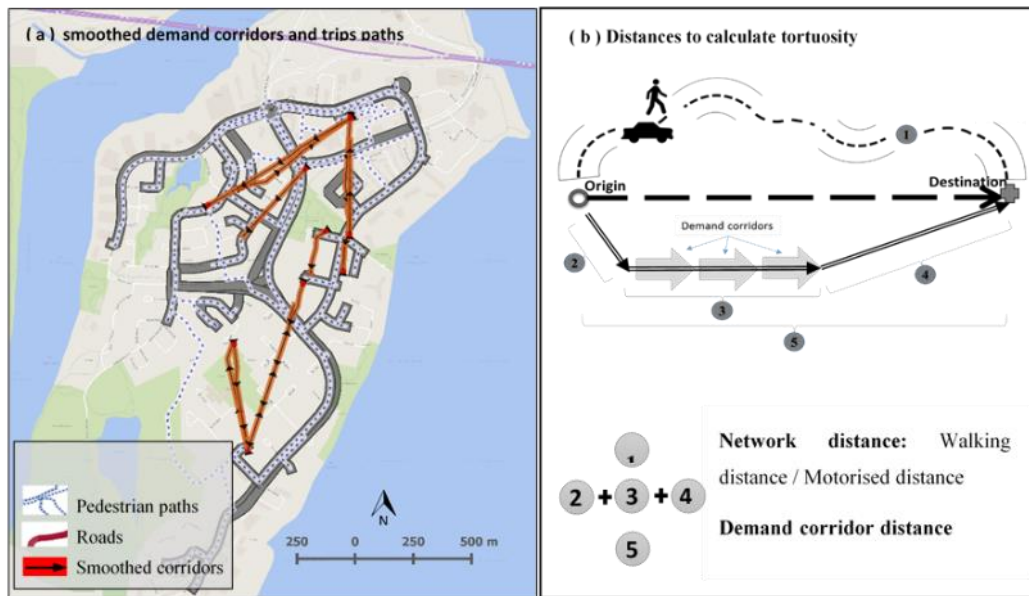


Figure B.6: Nun's Island demand corridors and transportation network.

By integrating the sampling weights (FACPER) of each Nun's Island observation (121 OD observations represent 2951 people trips), we calculate the sum of the individual tortuosity using desire lines and then calculate the collective tortuosity using demand corridors. The person-km unit is used rather than just the distance unit in both tortuosity calculations. An online path calculation tool developed by Polytechnique Montreal is used to calculate the walking and car distances on their respective networks; the computation results are presented in Table B.2. This table presents the sum of the distances (person-km) for different types of networks for the trips on Nuns' Island and for just the clustered trips. It also presents the tortuosity and the collective tortuosity results.

From the clustered trip results in the previous table we can conclude that using the current network to walk to the desired destinations results in a distance that is about 65% longer than our threshold distance of 1.3 km, and it is only around 20% less than when using a motorized mode. In other words, to reach a destination people have to walk 65% more than ideally (desire lines), while using a car to reach destinations increases the trip distance by only 20% compared to walking. The corridors identified in Figure B.6 (a) indicate areas where potential improvements (i.e. shortcuts) could be applied to reduce, at a collective level, the deviation between optimal distance and pedestrian network distances by up to 61% for the studied group.

It should be noted that, according to the corridor width described in section 2, the chosen *max_distance* involved an “*acceptable detour*” value of 1.02 for the clustered trips.

Table B.2: Short motorized trips collective tortuosity

All trips in Nuns' Island area (121 OD sets representing 2951 trips) (TraClus-DL: Influence area:50, Minimum trips:4 trips, Segmentation:50, Angle:10°degrees)				
	Distance			
	Desire lines distance (crow flies)	Demand corridor distance	Walking distance	Motorized distance
Total person-km	2053	2086	3057	3459
Tortuosity (distance / desire line distance)	1.00	1.01	1.49	1.68
Only Clustered trips (1478 person of the 2951 person) :				
Person-km	1126	1153	1856	2078
Tortuosity (distance / desire line distance)	1.00	1.02	1.65	1.85
Collective tortuosity (distance / demand corridors distance)	0.98	1.00	1.61	1.80

B.5. Sensitivity Analysis

Density-clustering approaches have two challenges: validation and the absence of well-defined tools to measure output quality. In the absence of a well-defined method, we used a set of 2951 desire lines representing the same number of trips (2951 trips) to evaluate the effect of different parameters on TraClus-DL outcome. Next, we evaluate the results produced by TraClus-DL and compare them to those of TraClus.

B.5.1. Results Of TraClus-DL

Our objective here is to evaluate the sensitivity of TraClus-DL with respect to the input parameters. The indicator selected to compare both algorithms is the percentage of total person-km that are clustered during the process; this indicator is selected because it combines the number of trips

(person) and the distance. The calculation results and their visualization are presented in Figure B.7 (a,b,c,d), where we observe that:

- the *max_distance* has an impact on the area where segments are searched for (screening zone); with a larger *max_distance*, more trips are discovered and consequently a higher proportion of them are clustered and larger surfaces are covered by each corridor. The selection of this parameter has been explained in the discussion of corridor width in section 5.2.
- the length of *segments* affects precision; so obviously the segment length should be shorter than the smallest *desire* lines. Short segments improve the granularity of results, while precision decreases as segment length increases close to the *max_distance*.
- the *max_angle* should not be more than 22.5° ; with higher *max_angles*, additional trips are linked to the same corridor and consequently a larger percentage are clustered. The selection of this parameter is mainly related to the study's purpose and to the means to define similar desire lines to be regrouped. A *max_angle* equal to 0 means to regroup overlaid and parallel desire lines.
- the *min_weight* is an important input parameter; with a larger *min_weight* value, fewer corridors are discovered in the same area and consequently a lower percentage of trips are clustered. One element that needs to be examined in more details is the possible correlations between the *min_weight* and the population density in the studied territory as it is a promising avenue to guide the selection of this parameter.

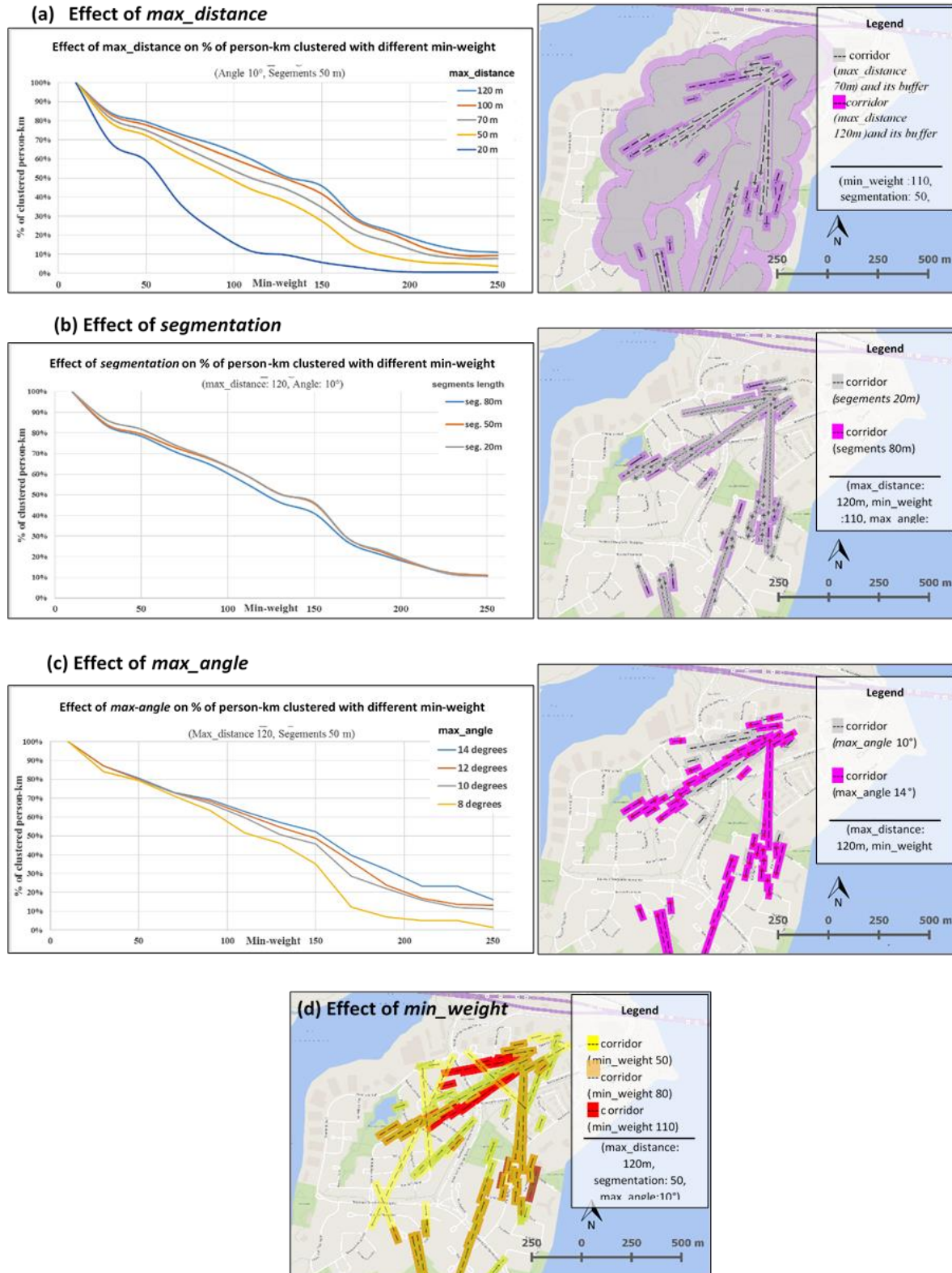


Figure B.7 : Sensitivity analysis of TraClus-DL vs input values

B.5.2. TraClus-DL VS TraClus

TraClus and TraClus-DL share one similar parameter, (*MinLns* in TraClus) and (*min_weight* in TraClus-DL), which is the minimum number of lines or segments. Distance function or similarity (ϵ) in TraClus is calculated by an equation that sums and compare many distances. This makes it difficult to compare its results with those of TraClus-DL, as (ϵ) and (*min_distance*) are different. Therefore, we decided to visually compare the results with different parameters while keeping the others constant (same *min_weight* or *MinLns* and with a *max_angle* of 22.5^0). These comparisons led to the following observations:

- With small differences in distance function ($\epsilon \leq 400$), TraClus identifies long axes comparable to those output by TraClus-DL (*min_distance* from 50 m up to 500 m). However, we notice the absence of some corridors in the TraClus results which did appear in TraClus-DL, as seen in (a). It was more difficult to identify corridor influence areas and conduct deep analyses with TraClus.
- With high distance function values ($\epsilon = 1000$ or more), TraClus has a tendency to regroup all desire lines into one long corridor even if they should not be in one corridor since they have completely different directions. In contrast, the TraClus-DL outputs are logical even with a high *min_distance* (3000 metres). Figure B.8 (b) presents the results with the same *MinLns* or *min_weight* and with high (ϵ) and high (*min_distance*) to illustrate this point.

It should be noted that we attempted to add some constraints to the TraClus code to avoid the clustering of lines with different directions, but they were not effective with high values of ϵ

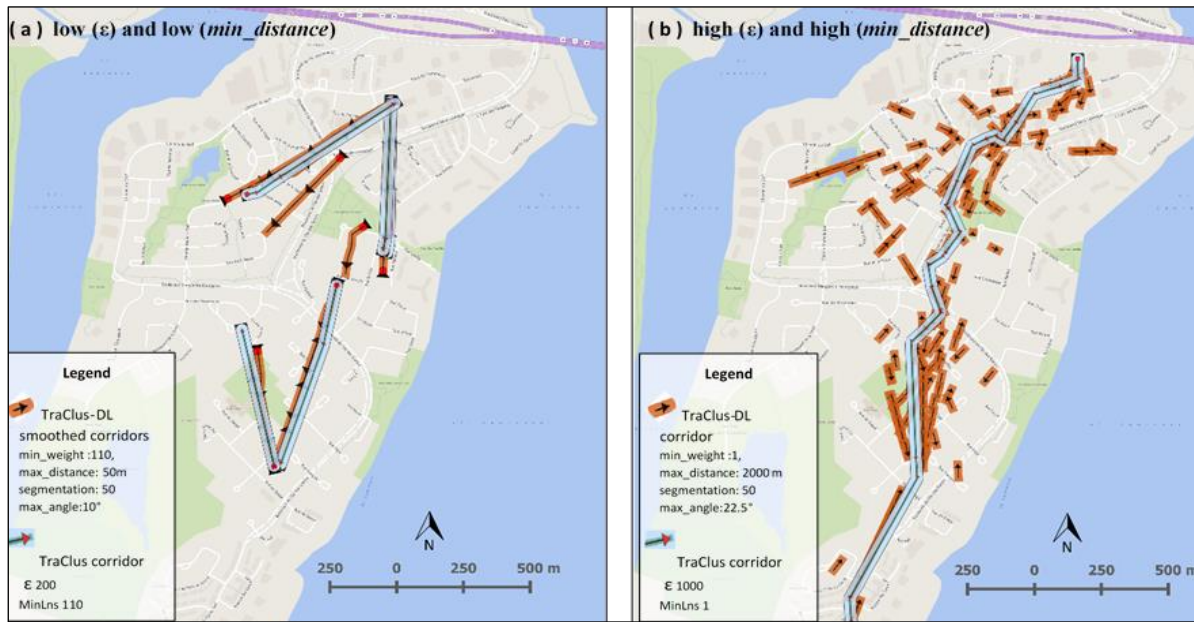


Figure B.8: TraClus-DL VS TraClus behavior

B.6. Discussion

At the beginning of this paper, we presented the main demand corridor features, with guidelines to identify corridors. We then proposed our density-clustering framework, TraClus-DL, which is adapted to identify demand corridors from unprocessed demands represented by desire lines. With its simple parameters, TraClus-DL is well-adapted for use in transportation and urban planning. The TraClus-DL structure may be seen as an adaptation of the TraClus structure to include desire lines, with the main differences being:

- TraClus-DL segments all desire lines into equal segments to simplify the detection of similarities, it also takes the weight for each desire line as one of its inputs, so no line multiplication is required while using survey data with sampling weights
- The input parameters of TraClus-DL are more adapted to cluster transportation demand, as they require the width of the influence area, the minimum trips required, and the maximum angle between desire lines inside a corridor; and
- The TraClus-DL outputs are small corridors, where each corridor carries information about the number of trips clustered and the trips' features. This is convenient for transportation specialists, as deep and detailed analyses can be performed directly at the corridor level.

Using a simple example, we demonstrated the possibility of using demand corridors in network design and in decision-making processes by utilizing the collective tortuosity indicator. This was done by first using the person-km unit to evaluate potential improvements, as it combines the distance of a desire line (km) and the number of people travelling. Next, we used the person-km unit to calculate a collective tortuosity indicator. This indicator was used to diagnose how the supply meets the collective demand; other indicators or approaches (ex. number of trips/corridor length) should be examined to demonstrate the full potential of demand corridors.

The challenges related to density-clustering approaches include validation and parameter selection (Lee, J.-G. et al., 2007; Moulavi et al., 2014). TraClus-DL parameters are intuitive for planners, but sometimes a small increase may lead to a significant change in the results, so proper care should be given to parameter selection. An automatized parameter pre-selection step could be designed and implemented to evaluate and select optimal parameters.

Visualization needs to be an important part of corridor-based analysis and decision making processes, and we made use of GIS tools to better understand our results. TraClus-DL's output files allow the mapping of every desire line segment to the corridor to which it was assigned. This provides analysts the option to better understand precisely which desire lines have contributed to a given corridor and to perform further analyses based on desire line properties such as age, occupation, mode of transport and gender.

Smoothing is not a part of TraClus-DL's algorithm, but in our previous study, we used a smoothing algorithm to connect consecutive corridors. However, when a large number of corridors are presented in a small area with different angles, smoothing may deform the results as it may connect some corridors with different directions together; other smoothing methods will be tested and may be integrated as an option in TraClus-DL.

Finally, we adopted a partition-and-group trajectory clustering framework. While this may increase the processing time, it makes it possible to cluster more trip segments.

B.7. Conclusions

This paper shed some light on possible systematic methodology to define and to identify corridors using disaggregated transportation demand. It provides new insights on the possible uses of demand

corridors as a tool to diagnose the quality of transportation supply, making it possible to evaluate how much a transportation supply differs from the unprocessed demand.

Demand corridor identification using TraClus-DL could be conducted using any source of past, current or even forecasted OD data, as it only requires the origin-destination information and some simple parameters. The results would be a useful tool to identify potential development axes to improve mobility, accessibility and even network design.

Even in the absence of a well-defined validation method, as in most density-based clustering, TraClus-DL has the advantage of keeping its outputs linked to input data, offering trackability, better understanding of the results, and more possibilities to perform deep analyses.

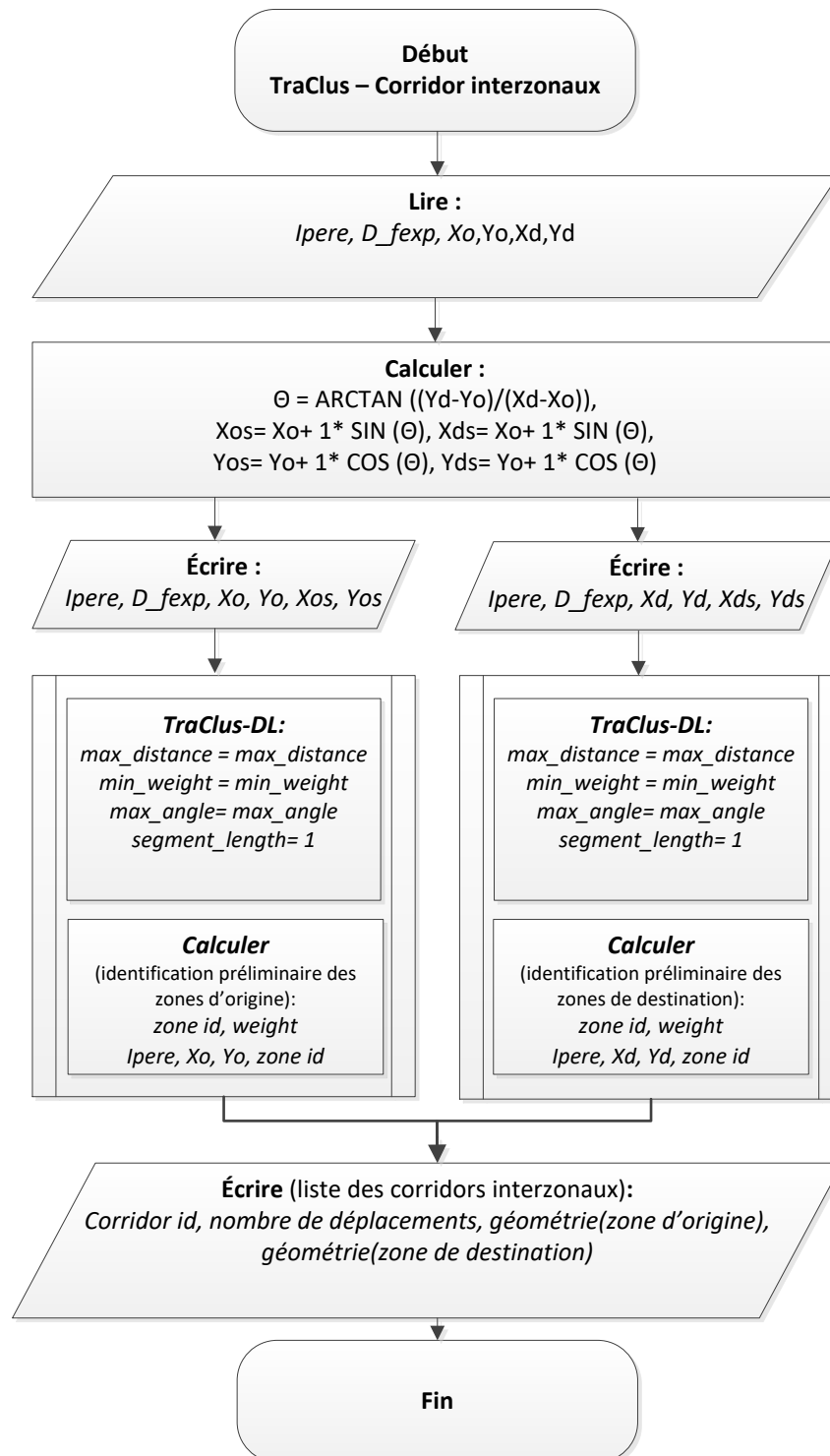
Finally, an ongoing work is currently in progress to use and to evaluate other trajectory clustering approaches, as well as assessing the integration of the temporal dimension directly to The TraClus-DL framework.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to acknowledge the contribution and support of the Mobilite Chair partners (City of Montreal, Quebec Ministry of transportation, Montreal metropolitan agency and the Montreal transit authority). They also wish to thank the Montreal Committee on travel survey data for providing access to disaggregate data for research purposes.

TraClus-DL code is available on GitHub or upon request.

ANNEXE C - ALGORIGRAMME D'IDENTIFICATION DES CORRIDORS INTERZONAUX



ANNEXE D - ASTUCES POUR FACILITER LA SÉLECTION DES ENTRANTS DE TRACUS-DL

Objectif d'identification	<i>max_distance</i>	<i>min_weight</i>	<i>max_angle</i>	<i>segment_length</i>
Portrait global de la mobilité	Commencer par une valeur élevée	Commencer par une valeur élevée	$\cong 22.5^\circ$	-
Portrait local de la mobilité	Commencer par une valeur basse	Densité recherchée	Commencer par une valeur basse	-
Corridor interzonal	Rayon de la zone	Densité recherchée	Commencer par une valeur basse	\geq max distance (lignes de désir)
Forcer l'identification d'un seul corridor	\geq largeur de la zone étudiée	1	22.5°	-